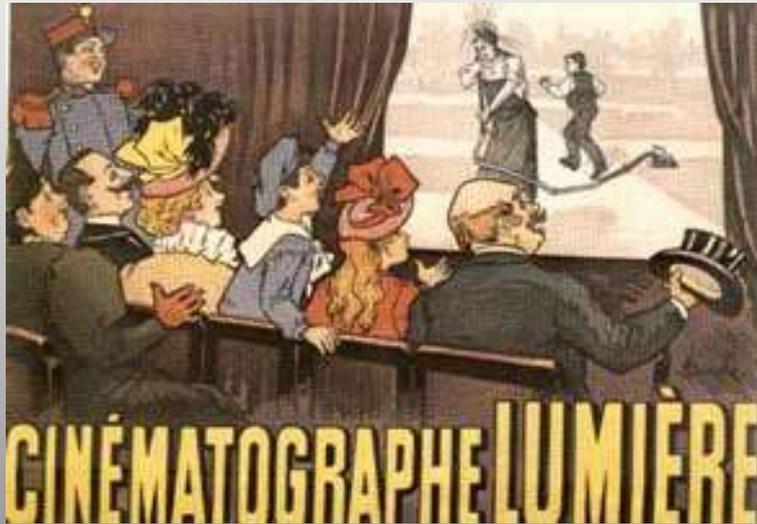


# RECEPTEUR L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

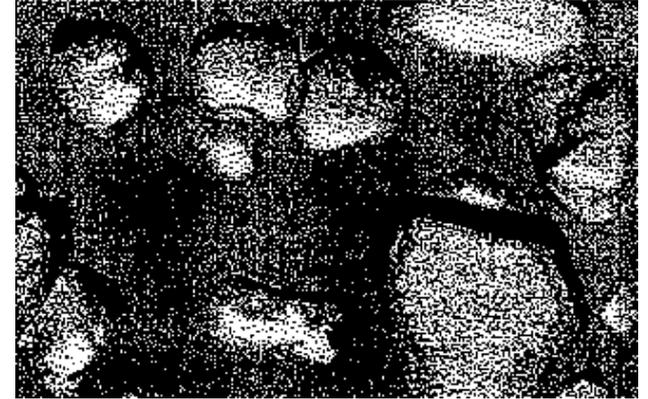


EXTRAITS DU COURS

« LA PRISE DE VUES CINÉMATOGRAPHIQUE ET VIDEO MONOCAMERA »

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

L'enregistrement de l'image reçue sur une surface sensible est obtenu par l'action qu'exerce la lumière sur différentes substances et qui se traduit par une modification de leur constitution chimique ou de leurs propriétés physiques.



Si beaucoup de substances d'origine minérale ou organique peuvent être transformées par suite de leur exposition à la lumière, seul un petit nombre de substances est susceptible de convenir aux opérations photographiques pour différentes raisons.

Il faut notamment que les rayons lumineux exercent une action rapide et durable, que la sensibilité de la substance soit étendue au plus grand nombre possible des radiations contenues dans le spectre visible, que la transformation s'accompagne d'un changement de coloration ou de modifications pouvant être utilisées photographiquement.

## L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Ce sont les sels d'argent qui répondent le mieux à ces conditions et ils sont encore les seuls utilisés ; tout au moins pour les procédés classiques.

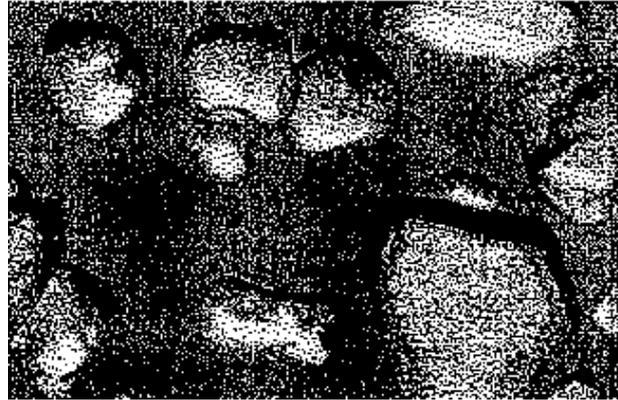
Par sels d'argent, il faut entendre les halogénures, c'est à dire les chlorure, bromure et iodure d'argent.

Prenons comme exemple le chlorure d'argent. Il est blanc lorsqu'il vient d'être préparé par mélange de deux solutions, l'une contenant du nitrate d'argent et l'autre du chlorure de sodium. Exposé à la lumière, il prend une coloration violette, ce phénomène se produisant à chaud comme à froid, le sel étant sec ou humide.

Cette coloration est due à la formation d'une petite quantité d'argent réduit par suite de la décomposition du chlorure provoquée par la lumière.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Lorsqu'il provient de la réduction d'un de ses sels, l'argent apparaît sous la forme d'une poudre noire.

L'halogénure d'argent ainsi préparé se présente sous la forme d'un précipité grossièrement granuleux, particularité qui serait un obstacle à l'enregistrement correct des plus fins détails d'une image. Or, il est possible d'obtenir un précipité à grains beaucoup plus fins en le formant au sein d'un milieu visqueux tel que la gélatine préalablement incorporée à de l'eau tiède. Cette dernière substance présente aussi l'avantage de constituer un substratum solide sans lequel il serait impossible de faire adhérer le sel d'argent à son support.

Il a été donné à de telles préparations le nom d'« **émulsions** ».

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Préparation



La gélatine qui intervient à la fois par ses propriétés physiques et chimiques est une substance colloïdale, c'est à dire qui ne se dissout pas dans l'eau, mais l'absorbe en donnant une gelée. Elle est obtenue industriellement par traitement des os.

La préparation des émulsions consiste à verser une solution de nitrate d'argent dans la gélatine gonflée à l'eau tiède et contenant un halogénure alcalin, d'ammoniac ou de potassium.

**Le mélange est naturellement effectué dans l'obscurité** en maintenant la température et l'agitation constantes.

Les conditions dans lesquelles cette opération est effectuée ont une grande importance, car elles ont beaucoup d'influence sur les caractéristiques futures de l'émulsion : dimensions des grains, sensibilité, contraste, etc.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Une émulsion photographique se caractérise par

- sa sensibilité générale (ou rapidité),
- son gamma (ou sa courbe caractéristique),
- sa sensibilité chromatique (ou sensibilité spectrale),
- son pouvoir résolvant (ou fonction de transfert),
- son caractère antihalo (ou bruit).

Pour impressionner correctement le film, une certaine quantité de lumière est nécessaire, quantité qui dépend de la *sensibilité générale* de l'émulsion.

## L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Pour que le film ait une haute sensibilité, il faut des cristaux d'halogénures d'argent capables de capter plus de photons. Ils doivent donc, à volume égal, présenter à la lumière une plus grande surface que les cristaux traditionnels. Les fabricants ont développé des grains de forme tabulaire qui répondent parfaitement à ces exigences.

**Dès qu'un photon touche un grain tabulaire, un électron est libéré et se trouve piégé dans le cristal. Il suffit d'une trentaine d'électrons pour former une **image latente...****

Le résultat est une plus grande netteté de l'image et une plus faible granularité.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Bunker de conservation des films « flamme » du laboratoire Eclair à Epinay sur Seine.



## Les émulsions négatives

L'émulsion est étendue sur un support constitué par un composé de la cellulose ;

**Le nitrate de cellulose** est maintenant abandonné en raison des dangers dus à son inflammabilité. Il a été remplacé par le **triacétate de cellulose** qui ne présente pas cet inconvénient.

D'autres supports, non celluloses, tels que l'« **estar** » sont employés grâce à leur stabilité dimensionnelle et de leur grande résistance à la rupture (copies d'exploitation).

# L'ÉMULSION PHOTOGRAPHIQUE



## Les émulsions négatives

Les émulsions négatives utilisent comme substance sensible le bromure d'argent parfois additionné d'environ 5% d'iodure d'argent.

Il est impropre de parler de grain lorsqu'il s'agit de bromure d'argent, car celui-ci apparaît sous forme de cristaux microscopique dont les dimensions sont de l'ordre du micron (1/1000e mm).

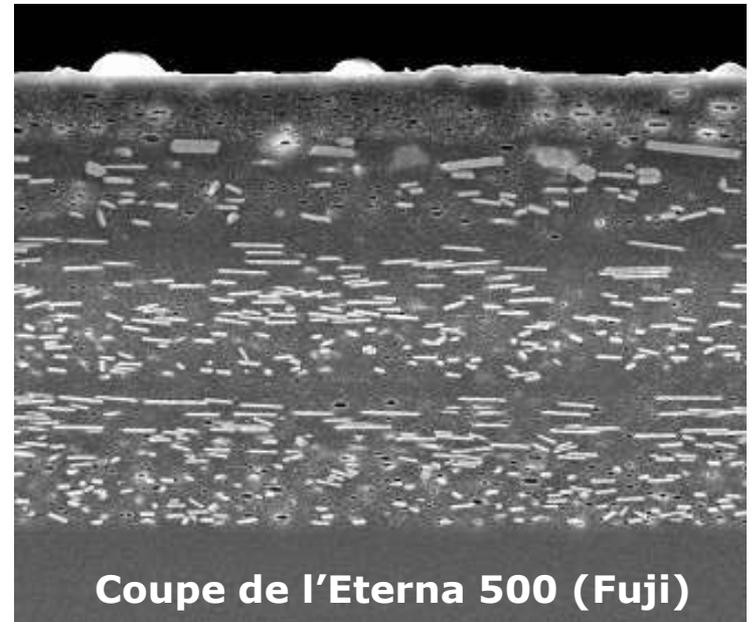


# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Les émulsions négatives

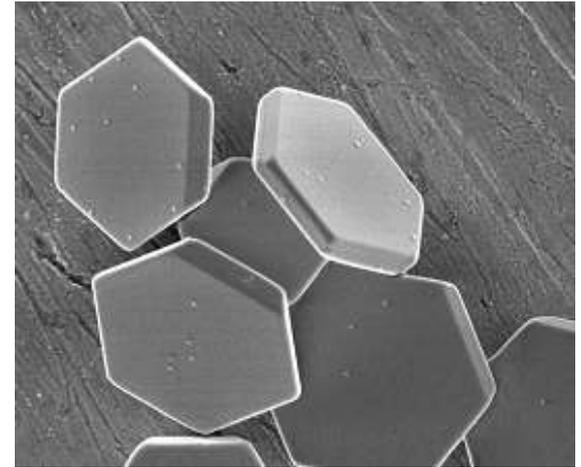
*Ces cristaux sont empilés les uns sur les autres dans toute l'épaisseur de la couche sensible. Leur nombre ainsi superposé, peut varier suivant leur grosseur moyenne et l'épaisseur de la couche sensible, entre 10 et 50 environ.*

***Pour une surface d'un cm<sup>2</sup>, il peut y avoir, selon le type d'émulsion, entre 500 millions et 3 milliards de cristaux.***



Coupe de l'Eterna 500 (Fuji)

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



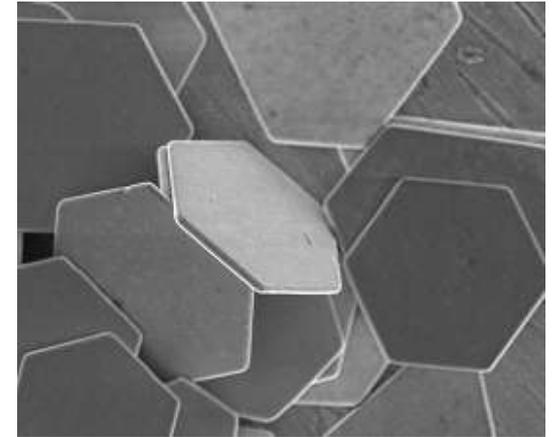
## Les émulsions négatives

Une des caractéristiques les plus importantes des couches sensibles est la variété des cristaux d'halosels d'argent qu'elles contiennent. Il est admis que pour une même émulsion, la sensibilité propre de chaque cristal est d'autant plus grande que son aire projective est elle même plus grande. Il est donc compréhensible que les dimensions relatives des cristaux contenus dans une émulsion aient une influence sur sa sensibilité et aussi sur le contraste des images qu'elle permet d'obtenir.

**Une couche sensible, dont tous les grains auraient la même sensibilité ne permettrait pas la traduction des demi-teintes puisque tous ceux-ci seraient réduits pour une même exposition lumineuse.**



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



## Caractéristiques d'une émulsion

### Le contraste

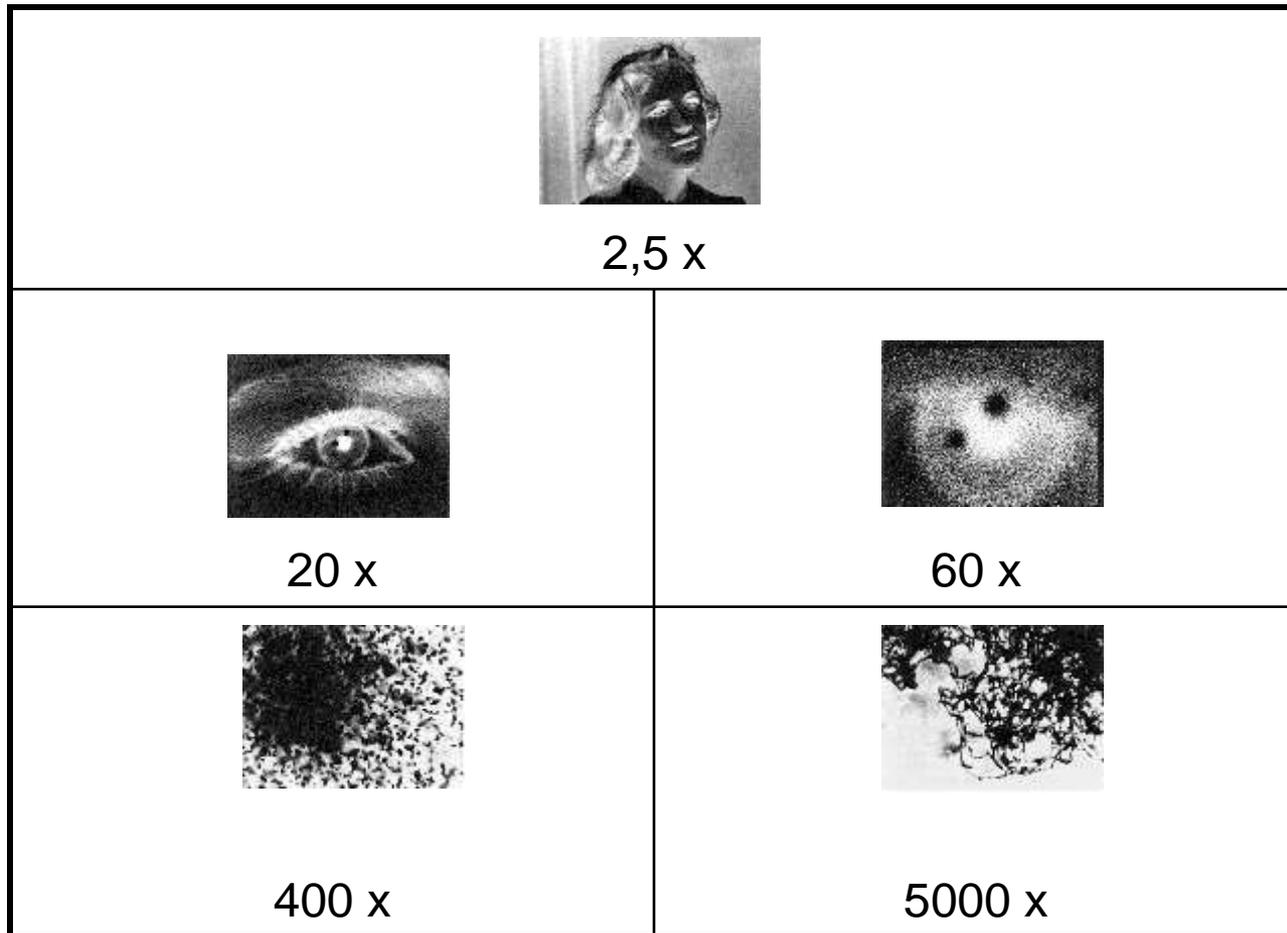
Le contraste d'une émulsion est une mesure de la manière dont celle-ci répond à des variations de l'exposition lumineuse.

Cette notion sera précisée lorsque nous parlerons de sensitométrie, mais on peut déjà dire que le contraste dépend de la forme des grains, de leur distribution dans l'émulsion développée et de l'écart existant entre leurs dimensions extrêmes.

Si les grains sont, à peu de choses près, de dimensions égales, le contraste sera élevé; si l'écart entre les dimensions extrêmes est grand, le contraste sera plus faible.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granulation



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granulation

### **Considérons d'abord le cas des émulsions noir et blanc:**

Après qu'une émulsion a été exposée, les sels d'argent sensibilisés à la lumière sont réduits, au cours du développement, en **argent métallique** qui se présente sous forme de **grains irréguliers**. La distribution des grains dans l'émulsion est non-homogène.

Au moment de la projection, la persistance rétinienne équilibre les différences mais la perception de **la granulation reste très forte dans les plages claires où apparaît un fourmillement continu**.

Cette granulation est plus forte dans le processus négatif-positif que dans le processus inversible. En effet, les zones très éclairées de l'espace-objet sont traduites, sur le négatif, par des zones denses où le nombre de grains est évidemment maximum. Le tirage du positif transfère la granulation forte du négatif dans les zones claires du positif où cette granulation est le mieux perçue. Il y a donc renforcement des deux effets.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granulation

**Dans le processus inversible**, le traitement est différent.. Après un premier développement, les grains d'argent métallique sont éliminés au cours du blanchiment. Ces grains sont évidemment ceux qui, au départ, sont les plus sensibles à la lumière: les gros grains.

Une deuxième exposition (lumineuse ou chimique) sensibilise les grains restants, les plus petits. Un deuxième développement réduit ces derniers en argent métallique.

La granulation est évidemment plus faible que dans le processus négatif-positif.

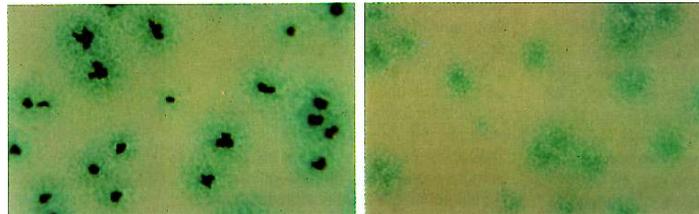
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granulation

### **Dans les émulsions « couleur »:**

Le développement chromogène consiste à doubler les images argentiques d'images jaune, magenta et cyan respectivement grâce à la réaction de copulants chromogènes avec les produits d'oxydation du développement.

La granulation est donc améliorée.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granulation

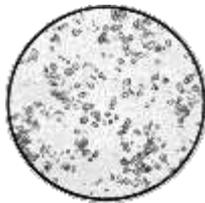
### **D'une manière générale, la granulation dépend:**

- de la granulation spécifique de l'émulsion originale et de celle de l'émulsion de tirage.
- de l'exposition; la sur-exposition accroît la granulation.
- du développement; l'accroissement du temps de développement accroît la granulation.
- du tirage; le tirage à la lumière non-diffuse (tirage optique) accroît la granulation.
- de la projection; un trop grand rapport d'agrandissement accroît la granulation.

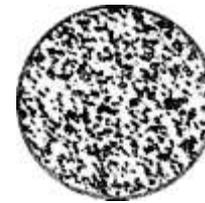
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granularité

La granularité est une mesure objective des variations de densités provoquées par la structure granulaire de l'émulsion.



Microphotographie d'une émulsion vierge.  
On peut voir les sels d'argent répartis aléatoirement.



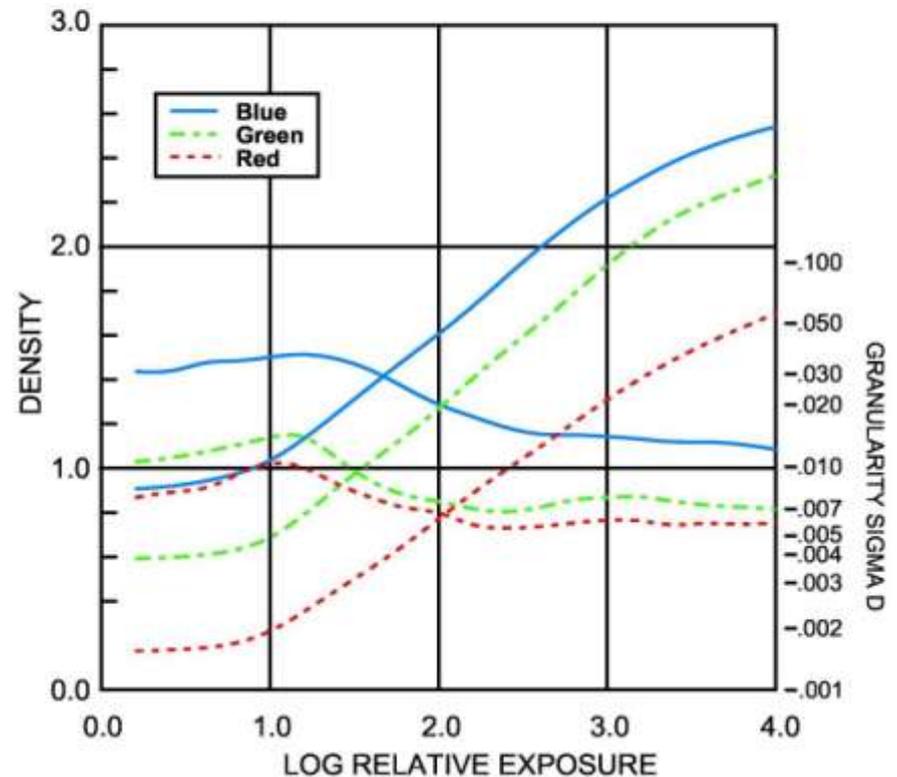
Grains d'argent métallique dans  
une émulsion développée.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Granularité

Pour faire cette mesure, on expose une pellicule uniformément et après l'avoir développée, on l'explore au moyen d'un micro-densitomètre. Si la structure granulaire était homogène la densité serait une fonction discontinue à deux valeurs. Il n'en est rien et le profil de la courbe est en dents de scie. Par l'analyse statistique, on détermine l'écart quadratique moyen (en anglais RMS: Root Mean Square) des variations de densité par rapport à la "moyenne". Les émulsions courantes ont des valeurs de RMS entre 3 et 5.

KODAK VISION2 500T  
Color Negative Film 5218 / 7218  
DIFFUSE RMS GRANULARITY CURVES



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## L'acutance

L'acutance est la faculté pour une émulsion de séparer par une frontière franche des zones de densités différentes correspondant à des zones de l'espace-objet dont les éclaircissements sont très différents.

La transition de densité à la limite de deux plages, évaluée objectivement, peut être exprimée par un seul paramètre que l'on désigne par le terme *d'acutance*.

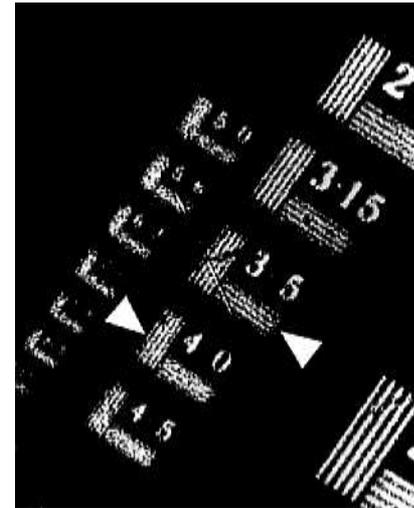
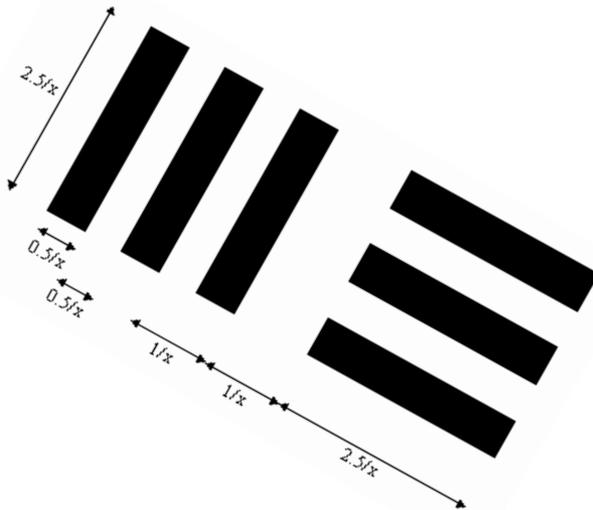
La notion subjective correspondante est la *netteté* apparente de l'image. Elle dépend de l'acutance, mais aussi du rapport de grossissement d'examen de l'image. Toutes ces propriétés sont évidemment liées entre elles : on les englobe par conséquent dans une notion subjective pratique, appelée *définition de l'image* qui réunit la netteté, la granulation et le pouvoir de résolution.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Pouvoir résolvent et transfert de modulation

Le pouvoir résolvent d'une émulsion et le pouvoir séparateur d'un objectif sont les propriétés par lesquelles cette émulsion ou cet objectif est capable de restituer les détails de l'espace-objet de manière discernable. Toute évaluation du pouvoir résolvent d'une émulsion suppose que l'on dispose d'objectifs à grand pouvoir séparateur.

Une méthode ancienne - et relativement peu fiable - est la technique des mires comme celles de Foucault.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

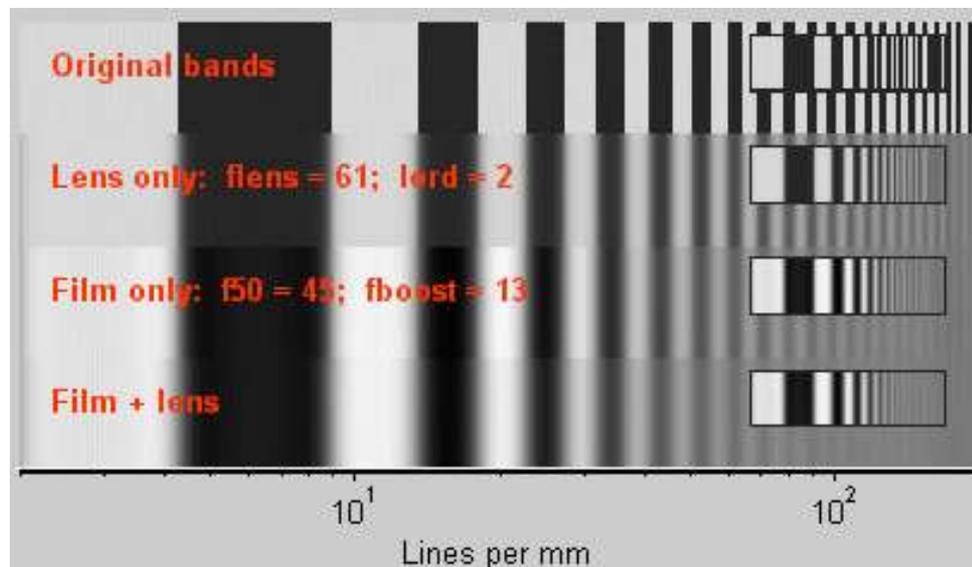
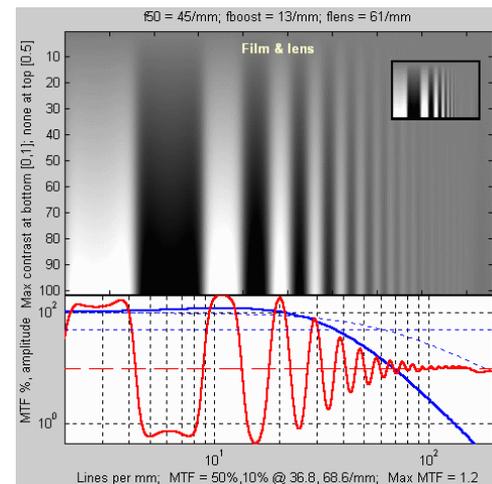
## Pouvoir résolvant et transfert de modulation

Une méthode plus précise est la fonction de transfert de modulation.

Il serait trop ardu d'entrer dans les détails de cette méthode de mesure ici, et nous nous bornerons à en citer les valeurs-types.

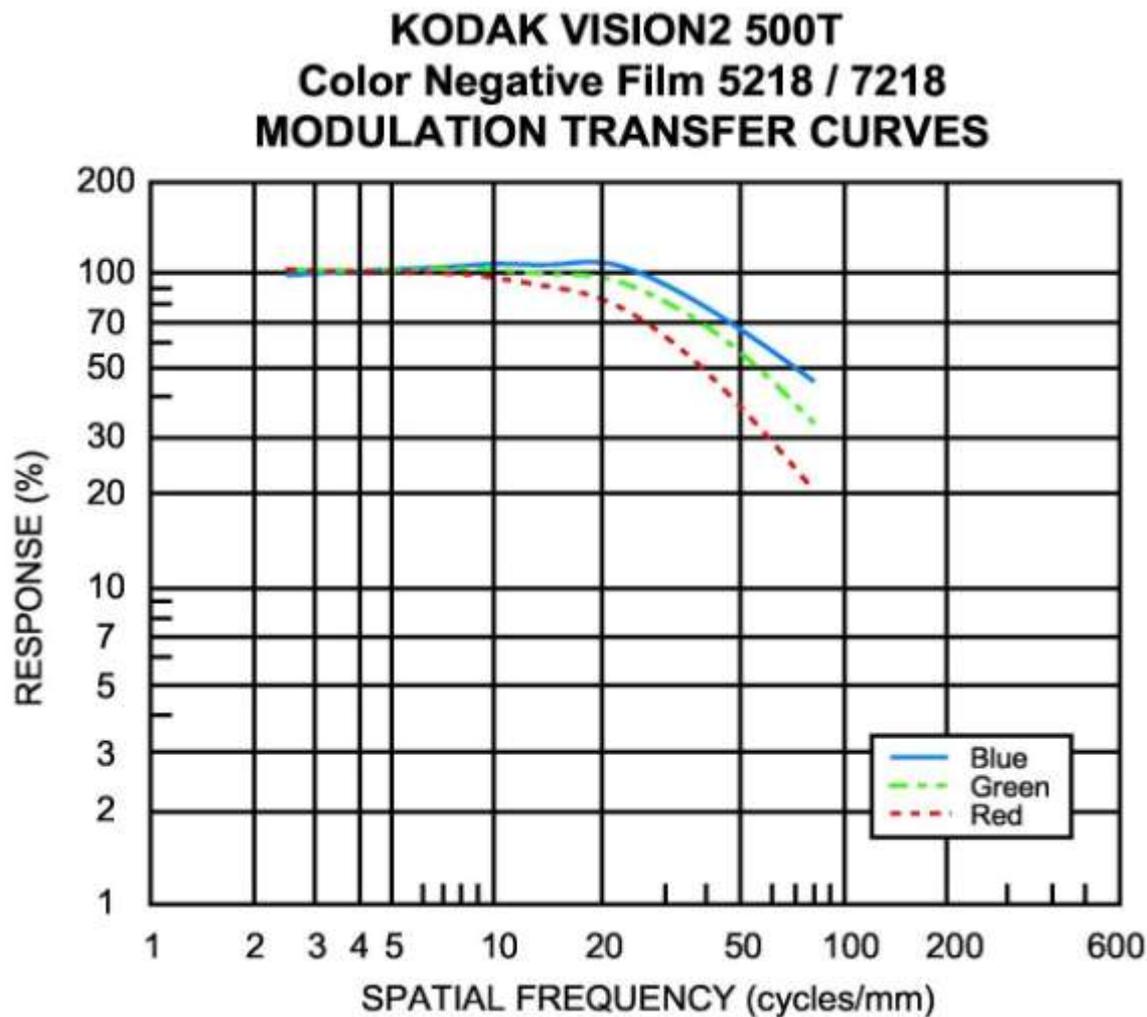
Le pouvoir résolvant varie considérablement d'une émulsion à l'autre, de 50 à 100 paires de traits/mm (ou cycles/mm) pour un négatif, de 100 à 200 paires pour un positif.

Ce pouvoir résolvant est toujours défini par rapport au contraste de la mire ayant servi d'objet.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Pouvoir résolvant et transfert de modulation

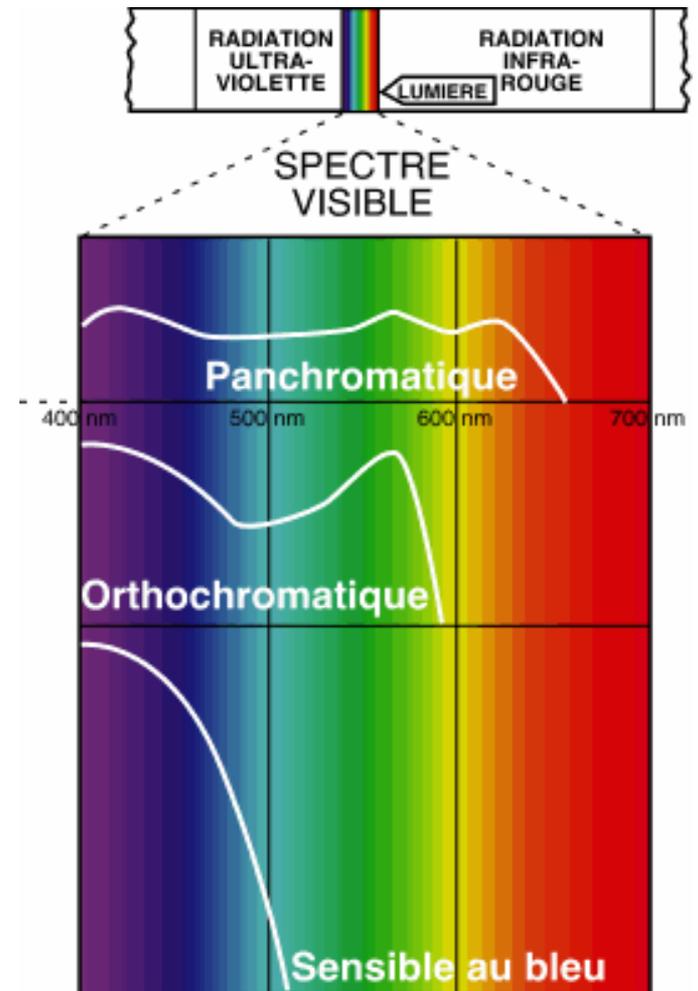


# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensibilité chromatique

**Le gélatino-bromure, l'orthochromatique et le panchromatique** ont des sensibilités spectrales différentes.

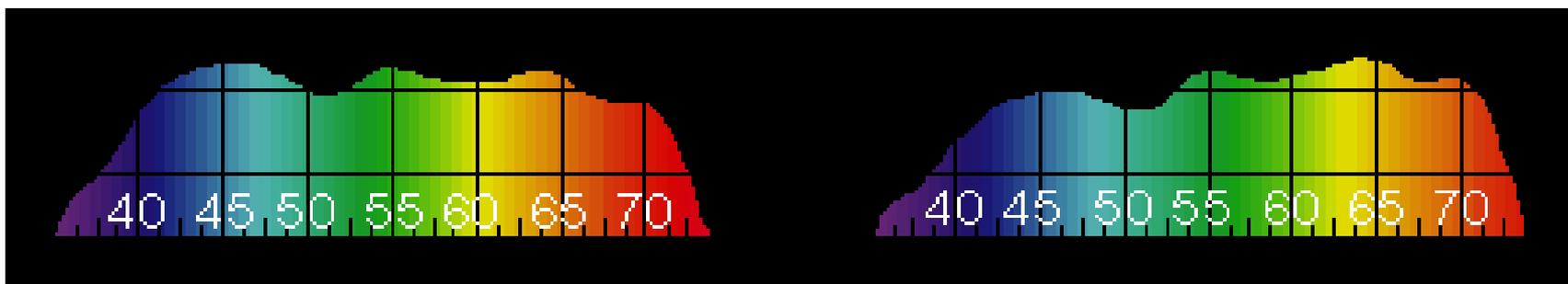
Dans leurs zones communes de sensibilité, les courbes présentent des répartitions énergétiques différentes également.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensibilité spectrale

La notion de sensibilité ne peut se définir, assez arbitrairement d'ailleurs, qu'à partir de la sensitométrie. Pour l'instant, nous nous bornerons à remarquer que la sensibilité est d'abord liée à la sensibilité spectrale.



Spectrogramme à la  
lumière du jour

Spectrogramme à la  
lumière artificielle

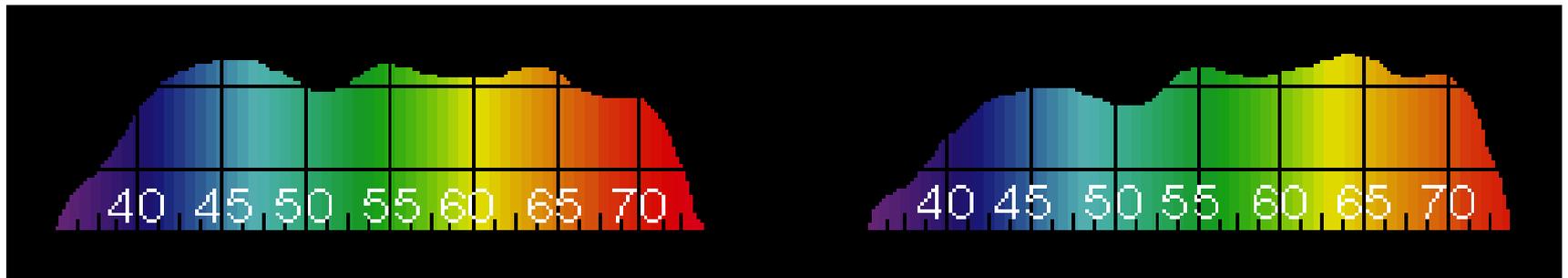
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensibilité spectrale

Cela signifie qu'une émulsion noir-blanc a une sensibilité différente pour la lumière du jour ou pour la lumière artificielle puisque ces deux types de lumière n'ont pas les mêmes composantes spectrales. Par exemple, l'Eastman Double-X négative, type 7222 a une sensibilité de 250 ASA en lumière du jour et de 200 ASA en lumière artificielle.

Pour les émulsions couleur, on dispose soit d'émulsions lumière du jour (par exemple la Kodak VISION 250 D 7246, (le "D" est pour daylight=lumière du jour) 250 ASA, soit d'émulsions équilibrées à 3200 K, par exemple la Kodak VISION 200 T 7274 (le "T" signifie tungstène), 200 ASA.

Les sensibilités s'expriment généralement en utilisant l'échelle ISO.

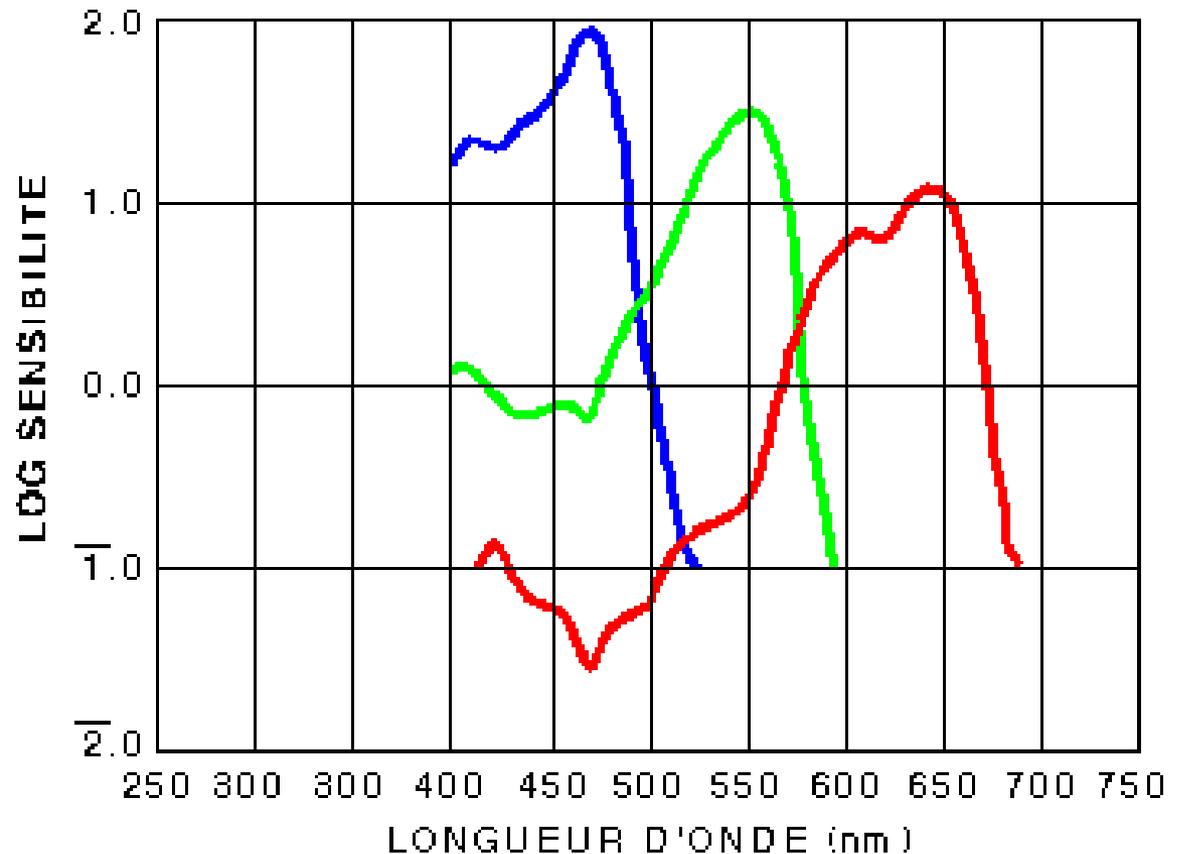


# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensibilité chromatique

### Courbes de sensibilité spectrale

Dans le cas d'une émulsion couleur, la sensibilité spectrale est fournie par les courbes de sensibilité respective des 3 couches (ici pour l'Eastman 7248) :



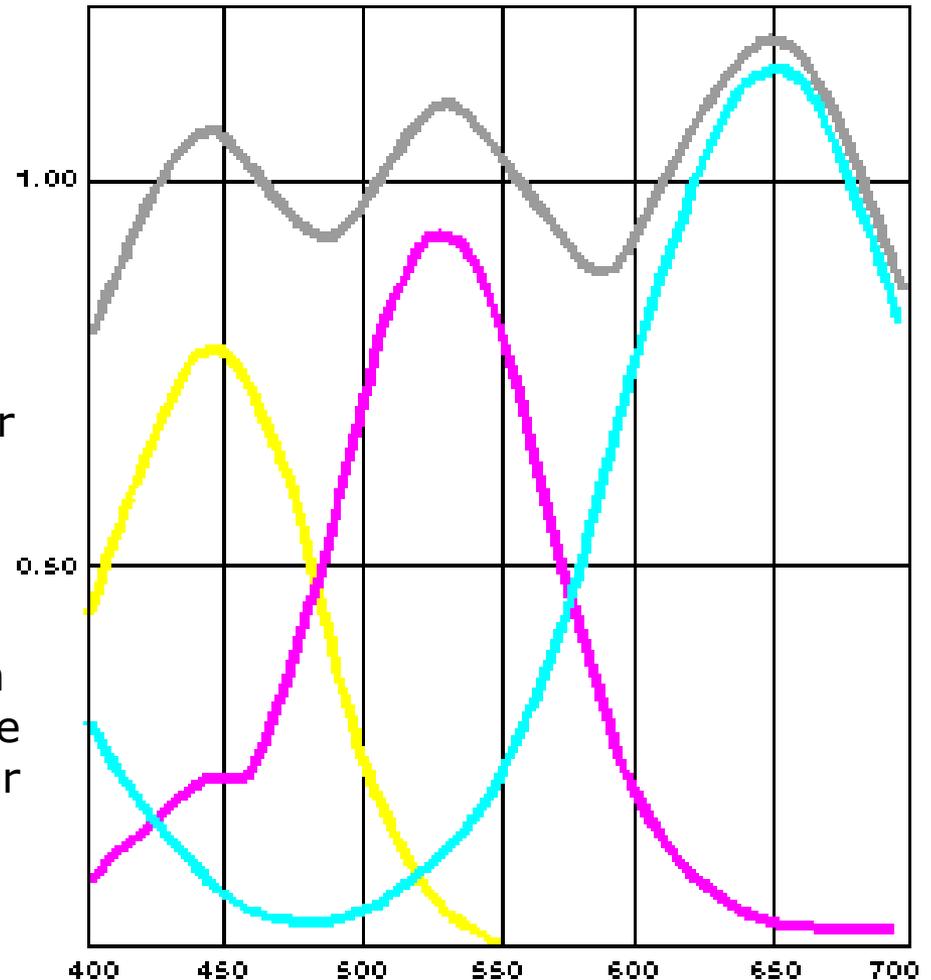
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Densité spectrale des colorants

Le développement produit des images de colorants cyan, magenta et jaune dans les trois couches.

Les courbes de densité spectrale des colorants indiquent l'absorption de chacune des couches de colorants pour chaque longueur d'onde et la densité neutre équivalente des trois couches combinées.

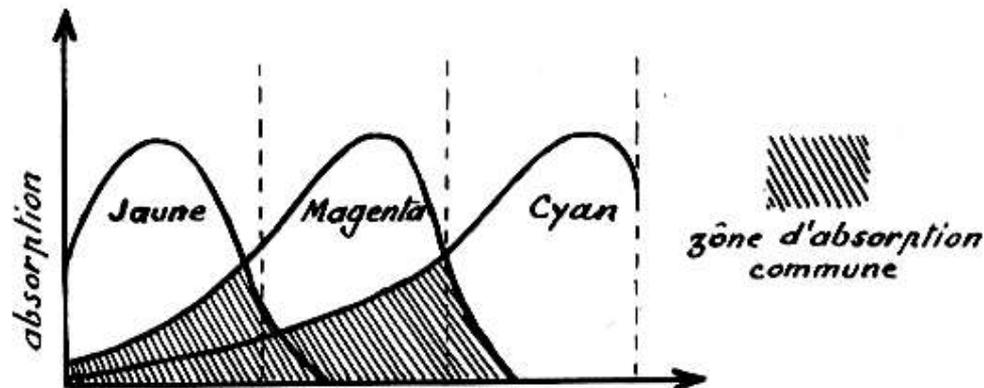
Les longueurs d'onde de la lumière, en nanomètres (nm), se trouvent sur l'axe horizontal et les densités spectrales sur l'axe vertical.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Densité spectrale des colorants

Idéalement, un colorant devrait absorber uniquement sa région spécifique du spectre. Dans la pratique, tous les colorants absorbent dans une certaine mesure des longueurs d'ondes dans d'autres régions du spectre. Cette absorption indésirable, qui pourrait compromettre une reproduction satisfaisante des couleurs, est corrigée lors de la fabrication de la pellicule. Dans les pellicules couleur négatives, certains coupleurs chromogènes incorporés dans les émulsions sont colorés pendant la fabrication. Leur densité se trouve dans la D-min de la pellicule après le développement. Ces coupleurs résiduels forment un masque qui compense les effets d'absorptions indésirables lorsque le négatif est tiré. Ceci explique la coloration orange des pellicules négatives.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## L'image latente et le développement

Sous l'action de la lumière lors de l'exposition, le bromure d'argent est décomposé en donnant de l'argent réduit qui, dans la couche de gélatine, constitue l'image photographique. Cependant une réduction effectuée seulement par la lumière demanderait un temps considérable pour obtenir une image utilisable.

Si au lieu d'attendre que la lumière ait achevé entièrement la décomposition du sel d'argent pour donner une image visible, **on laisse seulement à l'action lumineuse le soin d'amorcer** cette décomposition en chargeant certains réactifs de la continuer, on s'aperçoit qu'il est possible de diminuer dans des proportions considérables les temps d'exposition.

L'image cachée, invisible à nos yeux, que la lumière imprime sur la couche sensible et qui n'apparaît que sous l'action d'un réactif s'appelle « **l'image latente** ».

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## L'image latente et le développement

L'opération qui consiste à **rendre visible l'image latente**, à la révéler, s'appelle le développement, le réactif étant le révélateur.

L'amplification de l'action lumineuse opérée par le révélateur est de l'ordre du milliard, c'est à dire que la masse d'argent libérée par la lumière est multipliée par ce chiffre dans le révélateur.

*Il importe d'insister sur le fait que le révélateur ne peut, en aucun cas, se substituer à l'action de la lumière, son rôle consistant seulement à rendre celle-ci visible, d'où l'importance d'une exposition correcte du négatif.*

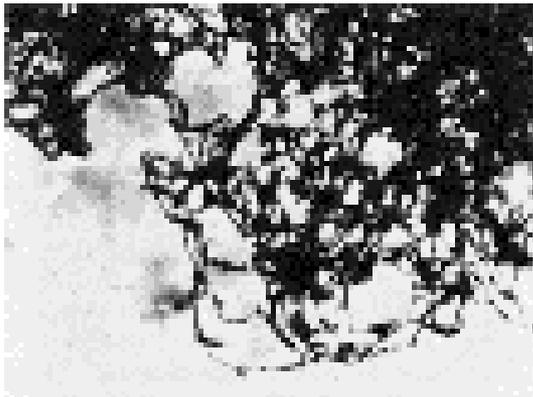
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Le fixage

Pour assurer la conservation de l'image, il est nécessaire d'éliminer l'halosel d'argent non réduit par la lumière et le révélateur.

Cette opération, qui porte le nom de « fixage », ne dissout pas à proprement parler l'halogénure d'argent, mais **le transforme en sel soluble** qu'il est facile d'éliminer par lavage.

En fin de traitement de la couche sensible d'une émulsion Noir et Blanc, l'image négative est donc constituée par des grains plus ou moins fins d'argent réduit enrobés dans la gélatine.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Le développement par inversion, film inversible

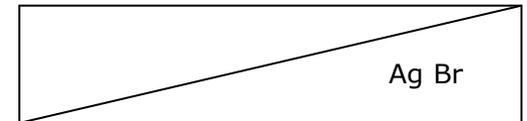
Il est possible d'obtenir sur la couche même qui a enregistré l'image négative, par traitement approprié, une image positive. C'est le développement par inversion pratiqué par exemple dans le cas de la photographie en couleur sur film inversible.

Trois opérations sont nécessaires pour atteindre ce résultat :

Le développement de l'image négative est effectué dans les conditions habituelles, mais n'est pas suivi du fixage.



L'argent, réduit au cours du premier développement, est dissous dans un affaiblisseur (ou bain d'inversion)



Le bromure d'argent résiduel est, après exposition à la lumière, développé à son tour et fournit l'image positive.



Il faut retenir qu'il n'y a pas de latitude de pose sur un inversible, il faut que l'exposition initiale soit la plus exacte possible.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Procédés couleurs actuels

Les procédés actuels sont dérivés du procédé négatif à trois couches Eastmancolor (Kodak), qui s'est répandu à partir de 1950. *A cette époque la sensibilité était de 16 Iso.*

À la prise de vues, on a un seul film négatif (ou inversible) comprenant trois couches d'émulsion superposées qui ne sont impressionnées chacune que par une seule couleur primaire. Après un développement chromogène, on obtient un négatif en couleurs complémentaires : un bleu clair du sujet apparaît jaune foncé, un rouge foncé bleu-vert, un noir blanc.

Ce négatif est ensuite tiré sur une émulsion positive semblable au négatif, également composée de trois couches sensibles. Les couleurs du sujet s'y trouvent donc restituées par synthèse soustractive.

C'est ainsi que sont établis actuellement, dans le monde entier, tous les négatifs et toutes les copies d'exploitation, y compris dans le cas de transfert vidéo sur film.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Anatomie d'une pellicule couleur



La surface sensible est constituée par trois couches superposées d'émulsions possédant des caractéristiques différentes, étendues sur un même support.

Chacune de ces couches est destinée à la formation d'un des trois négatifs de sélection, ceux-ci étant obtenus simultanément au cours d'une seule exposition.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Anatomie d'une pellicule couleur



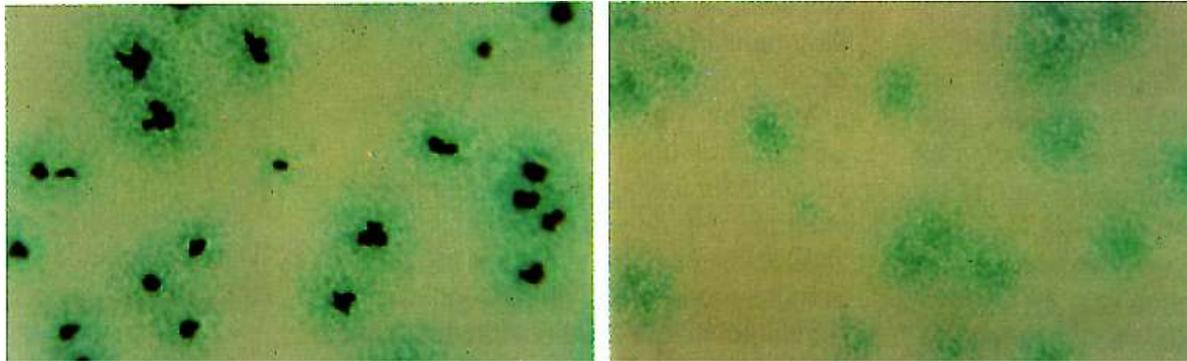
Les images élémentaires colorées nécessaires à la synthèse trichrome sont obtenues par un **développement en couleur dit «chromogène»**.

Le traitement consiste à provoquer la formation d'une image argentique au moyen d'un révélateur spécial dont les produits d'oxydation, en présence de certaines substances organiques appelées « **coupleurs** », donnent naissance au colorant désiré au voisinage des grains de bromure d'argent impressionnés.

De la nature du coupleur incorporé à l'émulsion (ou introduit dans le révélateur – Kodachrome), dépend la teinte du colorant formé. La concentration du colorant est d'autant plus grande qu'un plus grand nombre de grains ont reçu de la lumière ; L'argent réduit qui se forme en même temps que le colorant est éliminé au moyen de solvants appropriés, après développement chromogène des trois couches.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

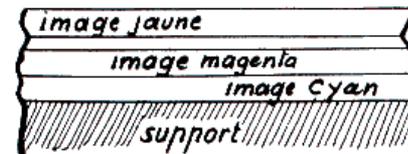
## Anatomie d'une pellicule couleur



*Microphotographie à x1200 d'une couche de cyan de pellicule couleur avec coupleur incorporé. L'image à gauche représente la pellicule après développement ; on voit les grains d'argent métallique entourés des nuages de colorant, l'image de droite représente la même pellicule après blanchiment et fixage, grain éliminé ;*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Anatomie d'une pellicule couleur



Sur un support en triacétate, on dépose successivement:

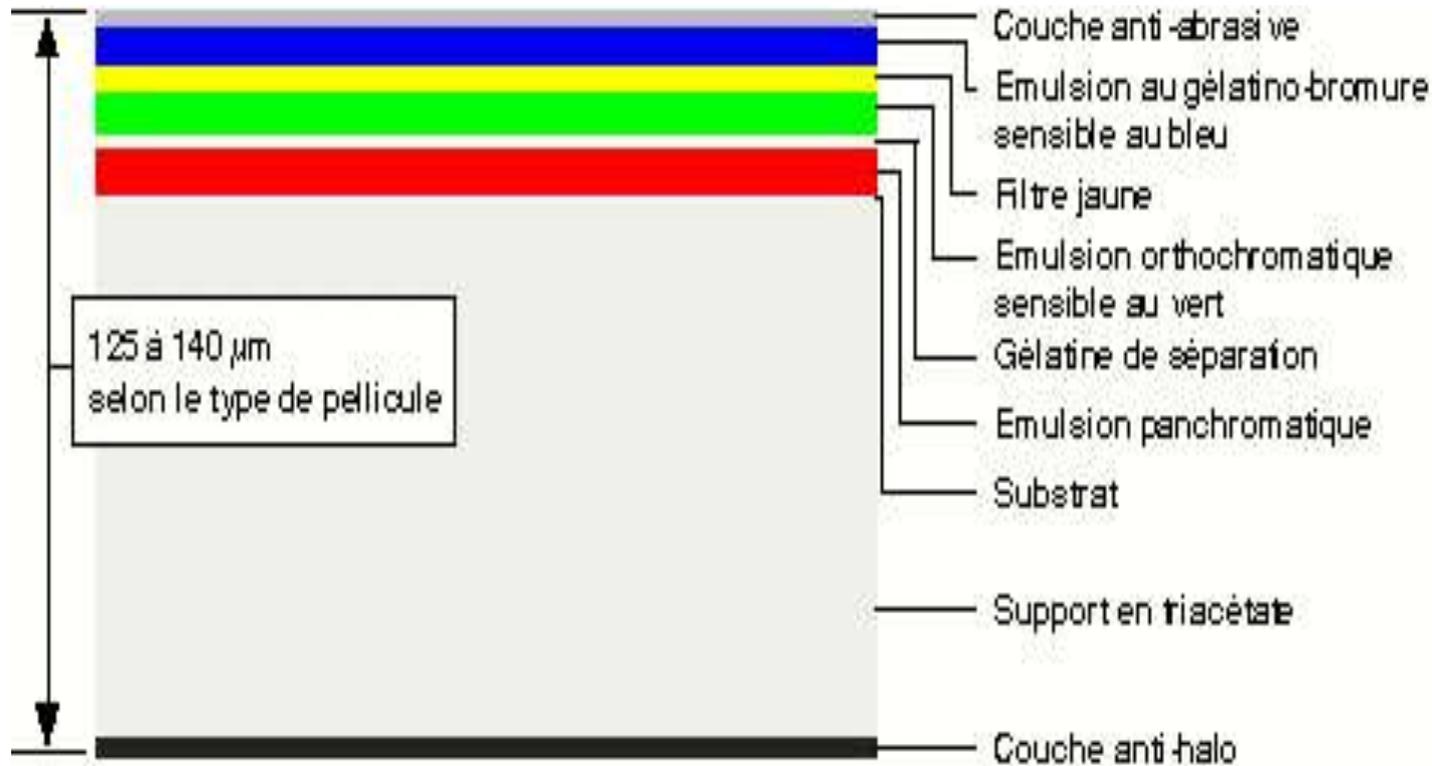
- une **émulsion panchromatique** sensible au rouge et **désensibilisée au vert**. Cette couche se subdivise elle-même en deux ou trois sous-couches contenant des grains de dimensions différentes.
- une couche de gélatine neutre (empêche la contamination entre 1 et 2)
- une **émulsion orthochromatique sensible au vert** et subdivisée en deux ou trois sous-couches.
- une couche de gélatine additionnée d'un colorant jaune jouant le rôle de filtre et stoppant les radiations UV et bleues.
- une **émulsion au gélatino-bromure sensible au bleu** et subdivisée en deux ou trois sous-couches.
- une couche de protection anti-abrasive.

On dépose une couche anti-halo de l'autre côté du support.

A gauche, vue en coupe d'un négatif développé agrandi 1000 fois. En réalité, l'épaisseur de la couche jaune n'est que d'un dixième de celle d'un cheveu humain.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Anatomie d'une pellicule couleur



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Exposition

### Comment l'émulsion réagit-elle à la lumière?

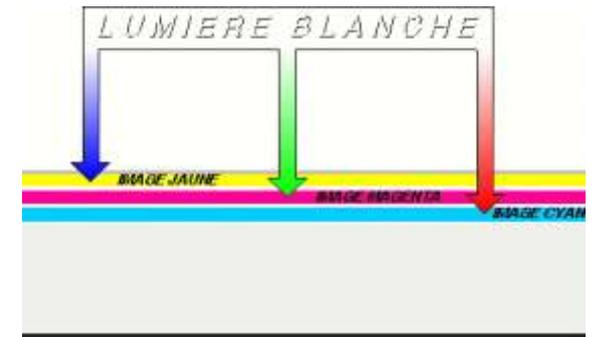
La composante bleue de la lumière impressionne la première émulsion et l'excès de bleu est absorbé par le filtre jaune.

La composante verte n'agit pas sur cette première couche mais bien sur la deuxième. Elle n'a aucun effet sensible sur la troisième.

La composante rouge enfin n'agit pas sur les deux premières couches qui lui sont insensibles mais uniquement sur la troisième.

*La couche de gélatine déposée entre les deux émulsions ortho et panchromatiques n'a pas d'autre fonction que d'empêcher toute contamination d'une couche par l'autre.*

Les trois négatifs de sélection sont donc obtenus simultanément en une seule exposition.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## L'exposition des films couleurs

Une erreur commise dans la détermination du diaphragme a une grande influence sur le rendu des couleurs.

Lorsque le sujet est peu contrasté, **une légère sous-exposition peut avoir pour résultat une plus grande saturation des couleurs** ; mais s'il y a de grandes ombres, celle-ci perdent leurs détails et risquent de prendre une coloration uniforme bleu foncé ou gris verdâtre.

**Une surexposition provoque non seulement une disparition des détails dans les lumières, mais éclaircit les couleurs.** Les teintes vives s'affaiblissent et les nuances délicates tendent à devenir incolores.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Développement

- Principe du développement couleur
  - Les halogénures d'argent, présents dans les couches sensibles, sont combinés à des coupleurs (DIR et DIAR).
  - Les coupleurs vont former lors du développement les colorants jaune, magenta et cyan proportionnellement à la lumière reçue lors de l'exposition.
  - Après un bain d'arrêt l'argent métallique développée est éliminée dans le bain de blanchiment
  - Les sels d'argent non développés sont éliminés dans le fixateur

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Développement

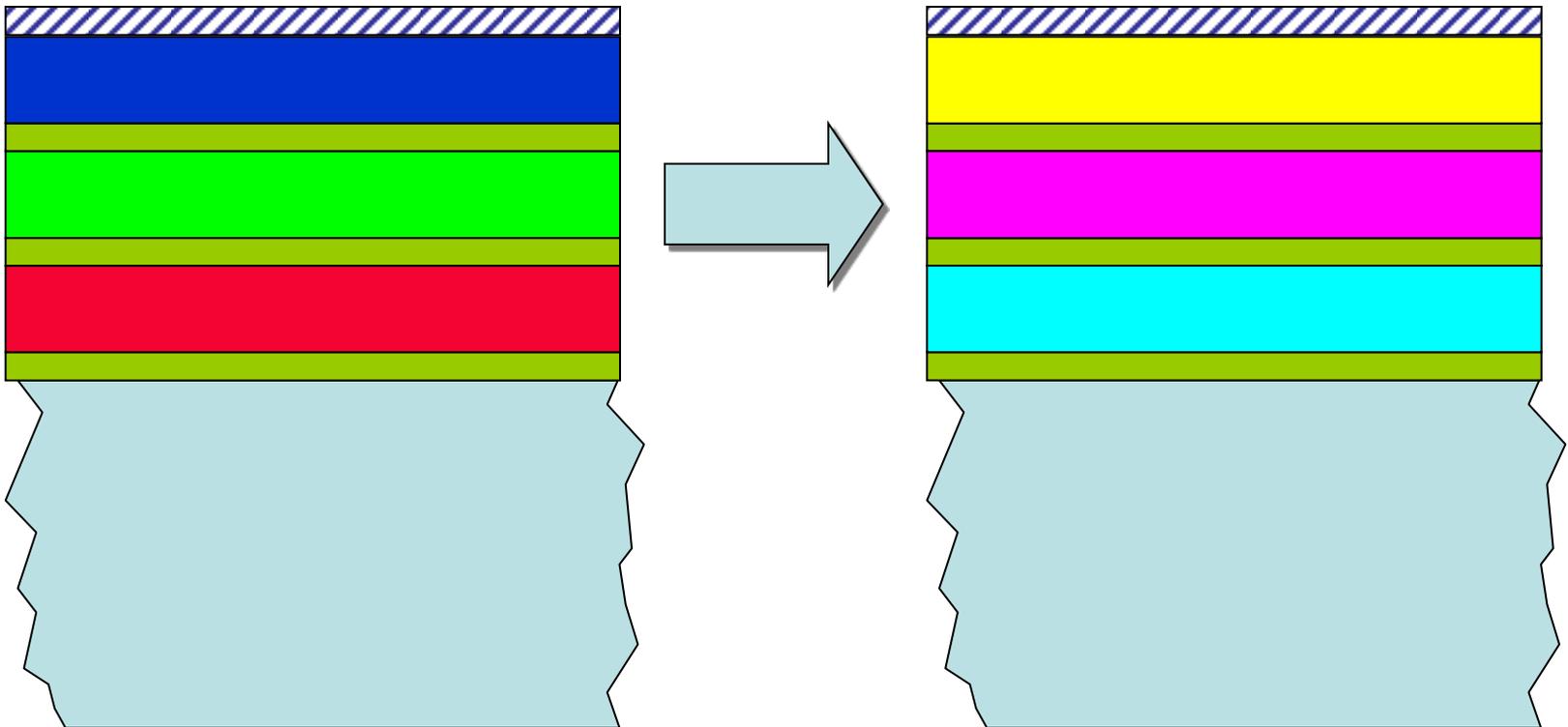
- Synopsis du développement couleur

• Prébain	PB2	10 s	27°
• Elimination de la dorsale		5 s	38°
• Développement chromogène	SD-49	3 mn	41°
• Bain d'arrêt	SB-14	30 s	38°
• Lavage		30 s	38°
• Blanchiment	SR-29	3 mn	38°
• Lavage		3 mn	38°
• Fixage	F-34 a	2 mn	38°
• Lavage		2 mn	38°
• Stabilisation	S 15	10 s	38°
• Séchage			

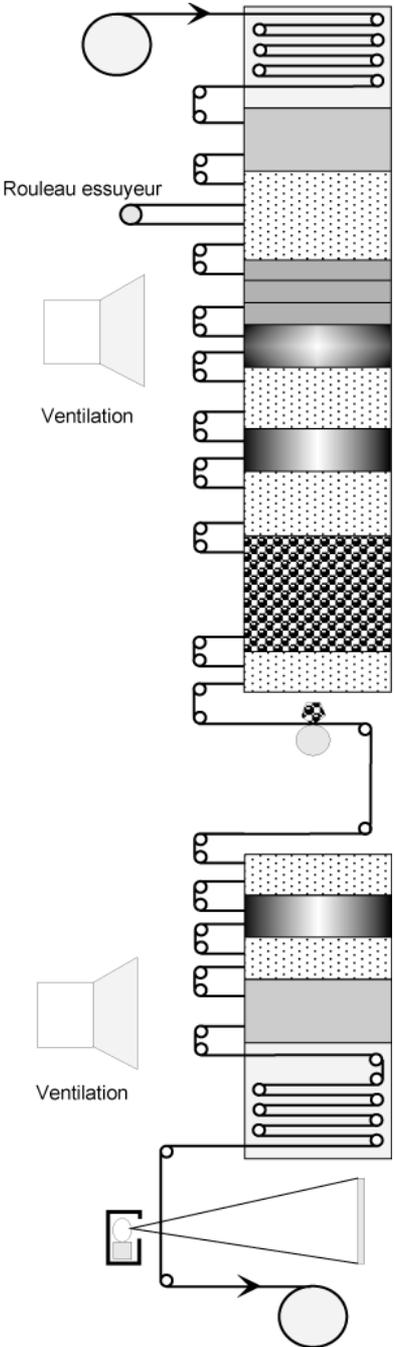
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Développement

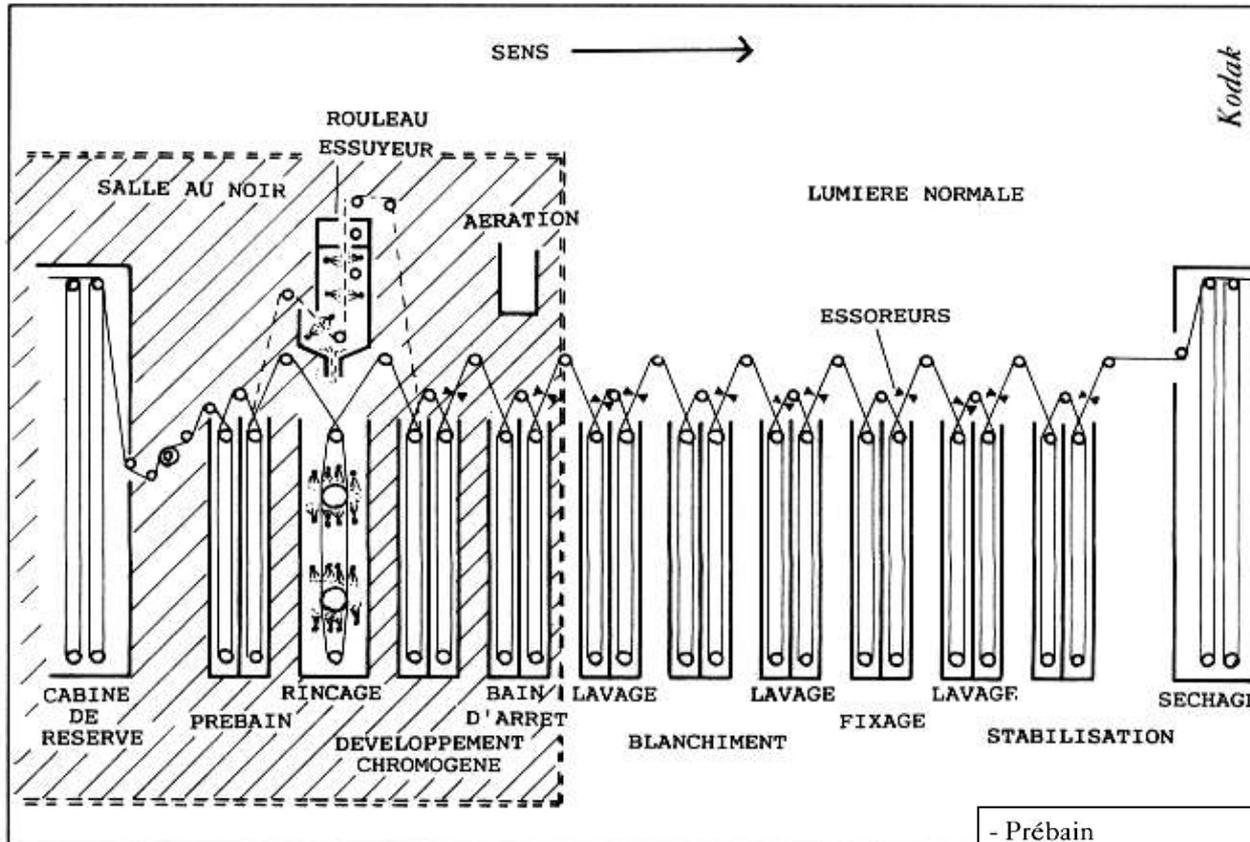
- Synopsis du développement couleur



# Développement



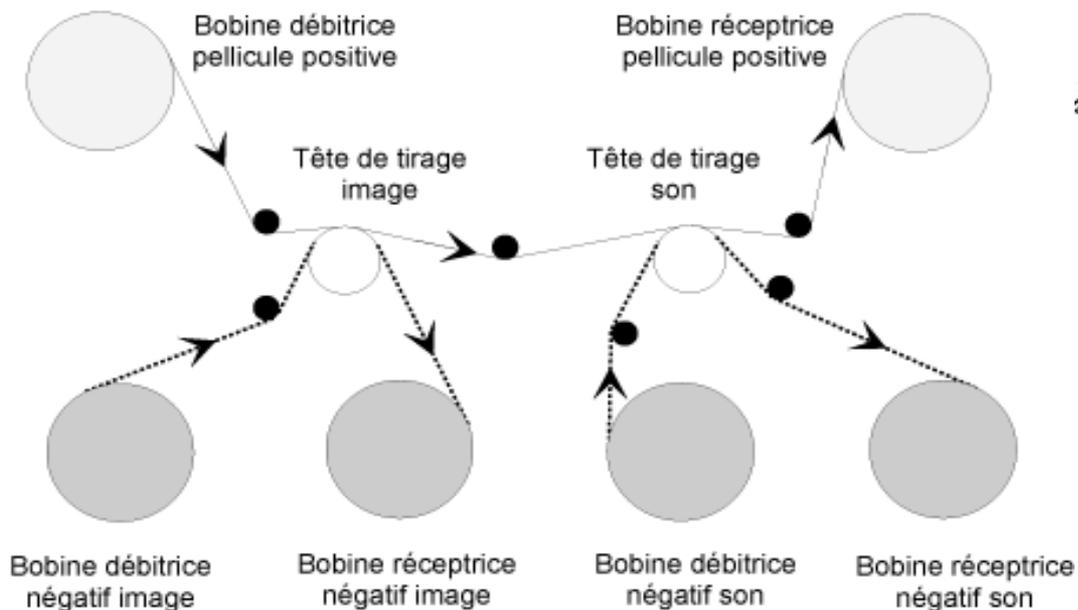
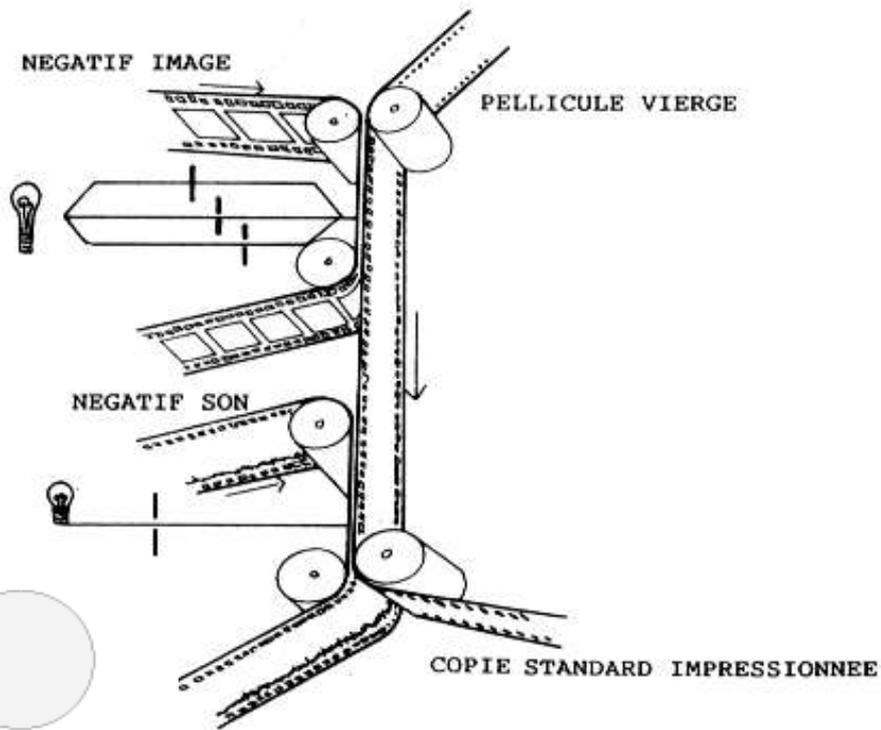
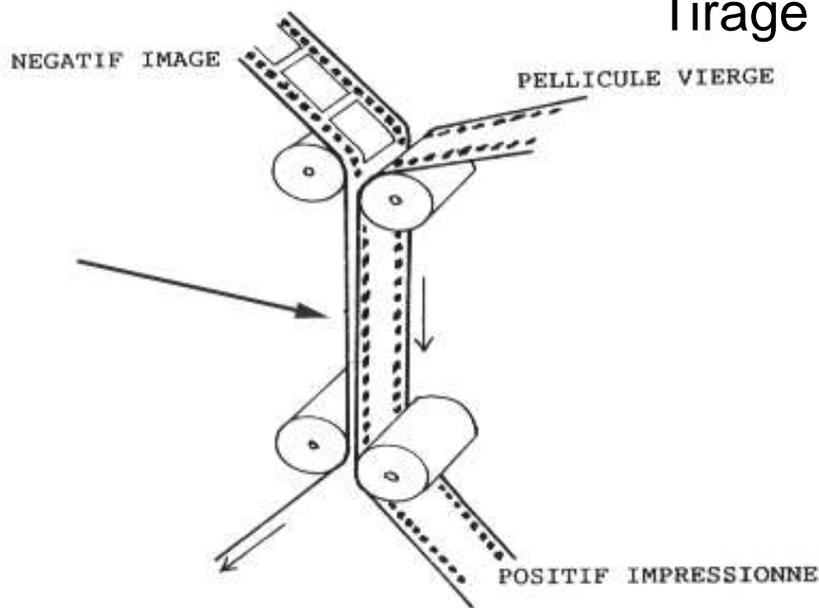
# Développement



*Machine de développement.*

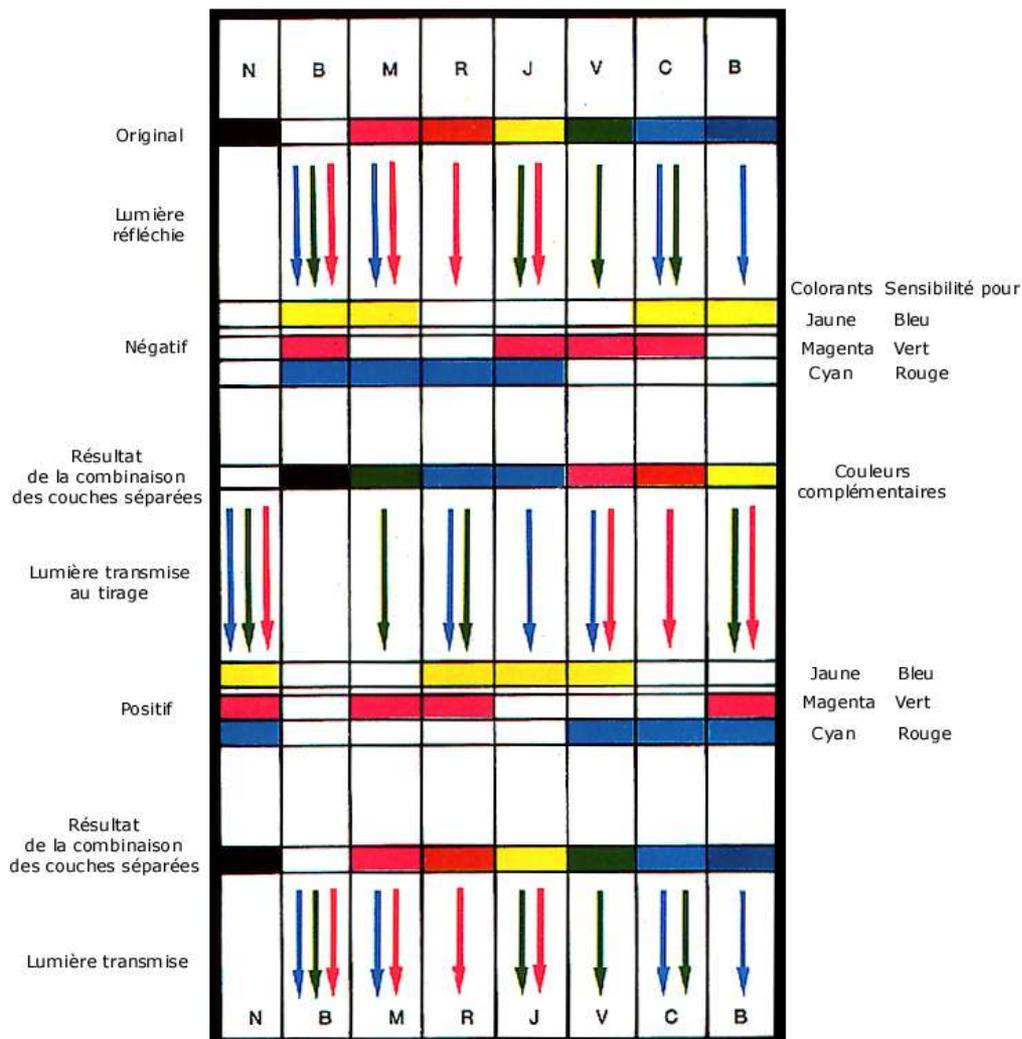
- Prébain	27 °C	10 s
- Rinçage	32 °C	5 s
- Révélateur chromogène	41 °C	3 min
- Bain d'arrêt	27 °C à 38 °C	30 s
- Lavage	27 °C à 38 °C	30 s
- Blanchiment	38 °C	3 min
- Lavage	27 °C à 38 °C	1 min
- Fixage	38 °C	2 min
- Lavage	27 °C à 38 °C	2 min
- Stabilisation	27 °C à 38 °C	10 s
- Séchage	30 °C à 38 °C	

# Tirage en laboratoire

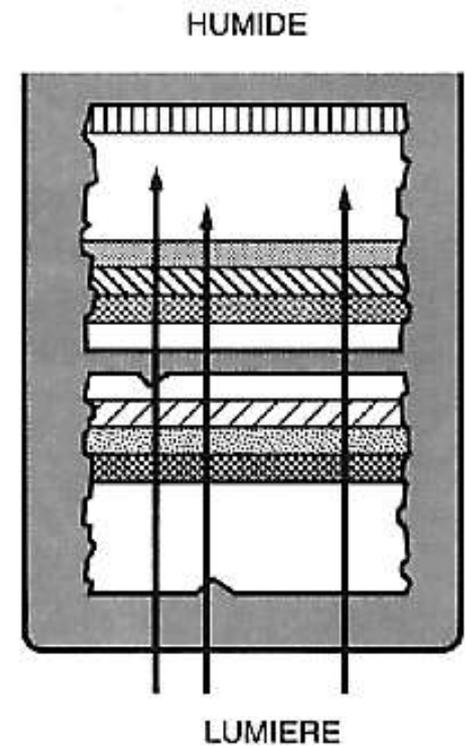
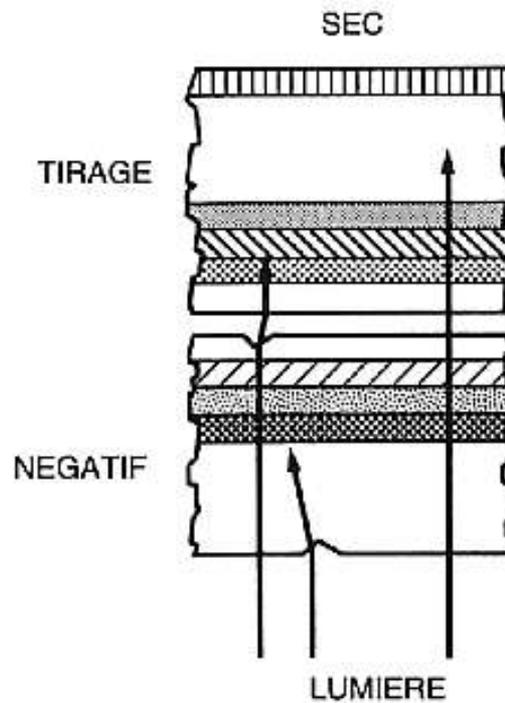
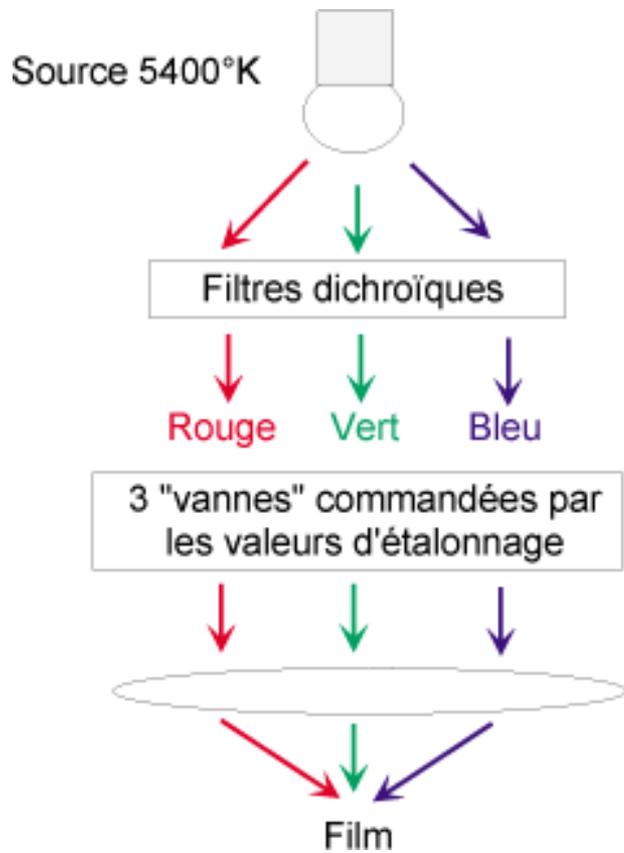


# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

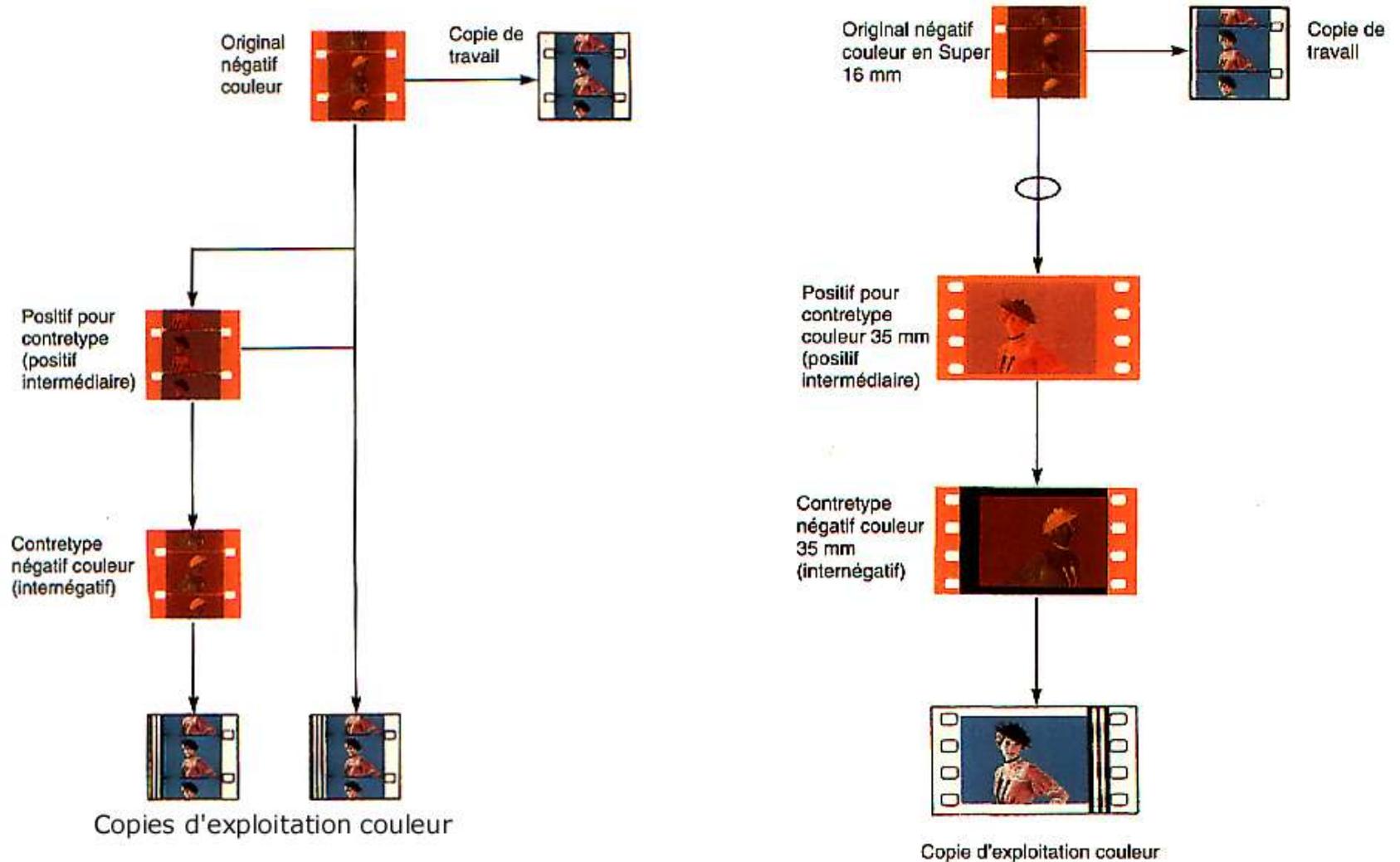
## Restitution des couleurs par synthèse soustractive



# Tirage en laboratoire

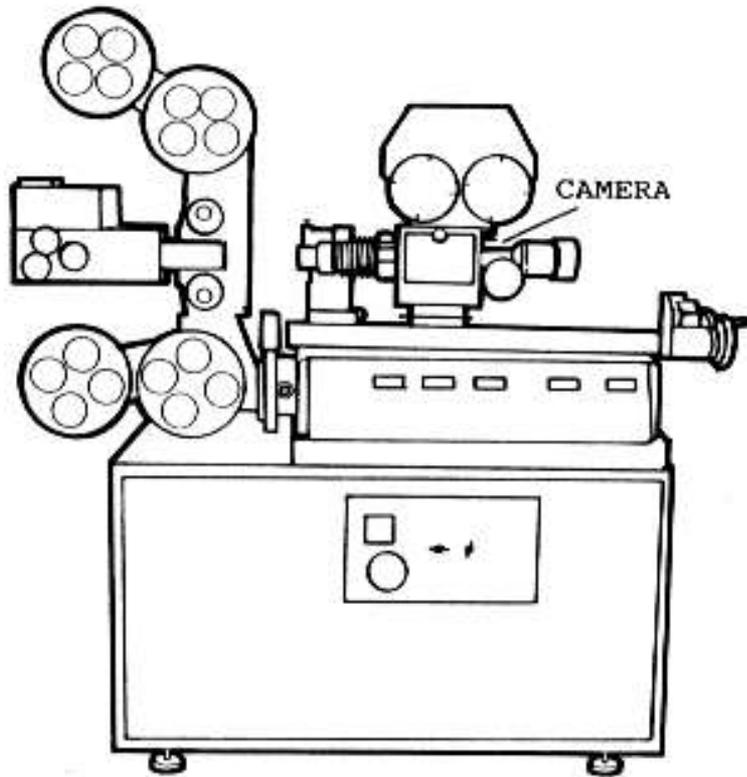


# Tirage des copies



# Tirage en laboratoire

## La truca



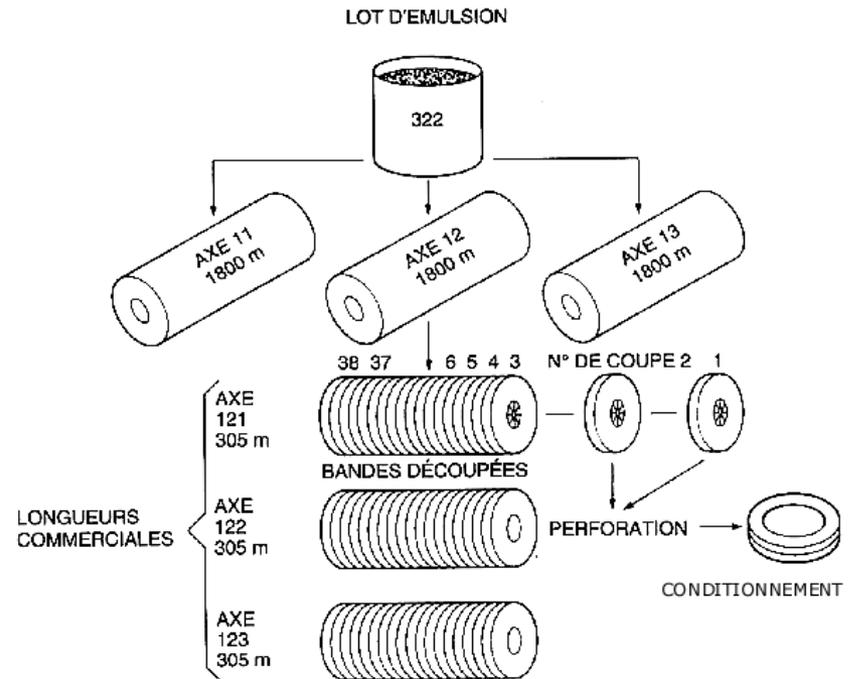
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Découpage et identification

Après la coulée de l'émulsion, le rouleau de 1,30 m de large et de 930 m de long, appelé axe, est découpé en bandes de 16 mm ou de 35 mm par des couteaux circulaires. Chacune de ces bandes est découpée elle-même en un certain nombre de bobines de 300 m, de 244 m, de 122 m ou de 30 m.

L'axe et la position des bandes qui en est tirée (tronçons ou strips) sont numérotés.

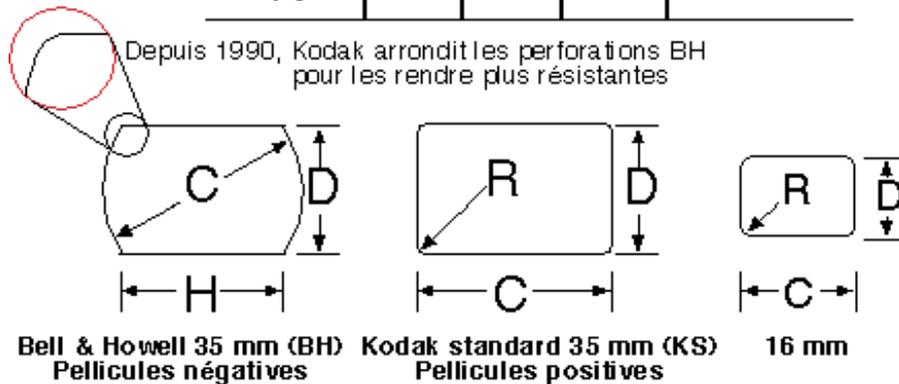
Ces indications figurent sur l'étiquette de la boîte contenant la bobine, à côté du type et du numéro d'émulsion.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Perforations

Dimension	Type de perforation			Tolérances ± mm
	BH mm	KS mm	16 mm mm	
C	2.794	2.794	1.829	0.010
D	1.854	1.981	1.270	0.010
H	2.080	—	—	—
R	—	0.510	0.250	0.030



C'est de la perforation que va dépendre en partie la fixité de la pellicule dans la caméra. C'est dire combien cette opération est délicate. Des normes très rigoureuses précisent, au centième de millimètre près, les dimensions de ces perforations ainsi que leur pas, c'est à dire la distance qui sépare les axes horizontaux de deux perforations successives.

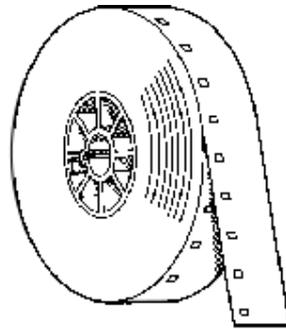
Les dimensions et la forme des perforations varient non seulement d'un format à l'autre mais également entre le positif et le négatif 35 mm

Les perforations du 16 mm et du Super 16 sont situées face à un inter-image.

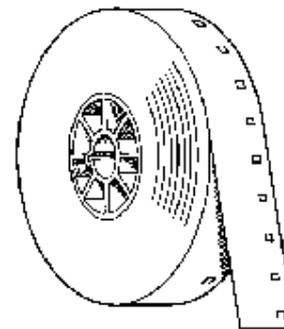
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Enroulement

Toutes les caméras S16 mm et 35 mm courantes, ARRIFLEX, AATON, PANAVISION, MOVIECAM etc. sont prévues pour des bobines à émulsion intérieure.



Enroulement A



Enroulement B

Les pellicules à enroulement A sont réservées aux tirage par contact et ne sont pas prévues pour être utilisées en caméra. L'enroulement B est destiné aux pellicules pour caméra et aux tirages optiques.

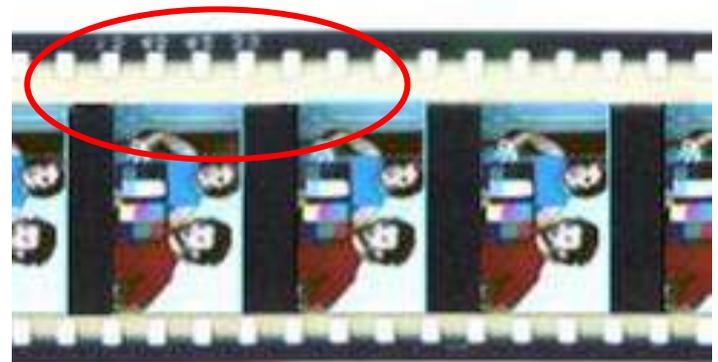
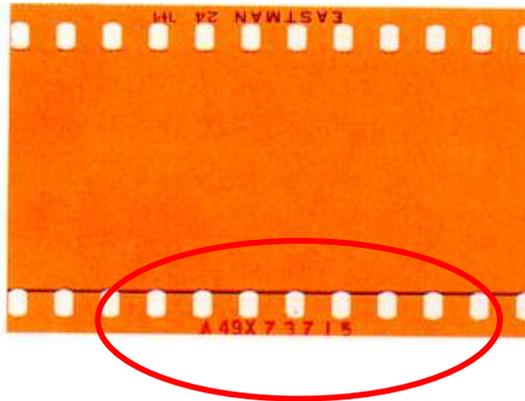
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Signature

### Avant 1990 :

Des machines impriment entre les perforations et le bord du film des indications qui permettent d'identifier le type de support (safety film), le type de pellicule, le numéro d'émulsion, le numéro de la perforatrice, etc...

L'indication la plus importante, imprimée en image latente et qui ne sera révélée qu'au cours du développement est le piétage ou numéros de bords, suite de nombres consécutifs. Ces numéros sont reportés sur le positif au moment du tirage. Ils permettront de conformer le négatif à la copie de travail.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Informations du Keycode

En 1990, Eastman Kodak a introduit un nouveau système, le KEYCODE. Les numéros de bords à 10 chiffres sont imprimés non seulement en clair mais aussi en code-barres, ce qui permet leur lecture automatique par des machines. L'intérêt évident de ce système est de pouvoir automatiser dans une large mesure le tirage des copies de travail et le montage négatif, de pouvoir accéder à n'importe quelle image d'une bobine grâce à son identification par code-barres, mais aussi de créer une passerelle entre le cinéma et la vidéo. Tous les fabricants de pellicule ont suivi Kodak dans cette voie et adoptent le même standard.

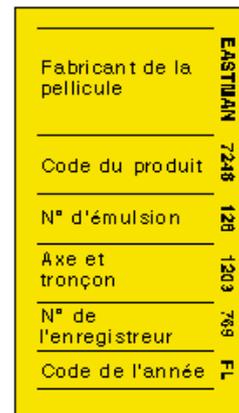


Code barre  
USS-128

*Le caractère de départ est côté tête*

**Repères complémentaires**  
Quatre symboles choisis et placés au hasard.  
Pour les utiliser:  
Après repérage des numéros de bord et de l'image, il suffit de vérifier que les mêmes symboles sont situés aux mêmes endroits sur le négatif et sur la copie de travail.

### Information sur la fabrication



Répété tous les 2 pieds  
(80 perforations)



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Informations du Keycode



**Code d'identification du film**  
Lettres d'Identification:

**Pellicules courantes**

D... 7204	Q... 7277
E... 7222	R... 7289
H... 7201	S... 7272
I... 7246	U... 7279
K... 7245	V... 7244
L... 7290	Y... 7620
M... 7248	Z... 7274

**Pellicules plus fabriquées**

A... 7240	G... 7249
C... 7297	T... 7299
J... 7296	W... 7297
N... 7292	

**Numéro de bord**

**Décompte** — Quatre chiffres qui s'incrémentent tous les six pouces (20 perforations)

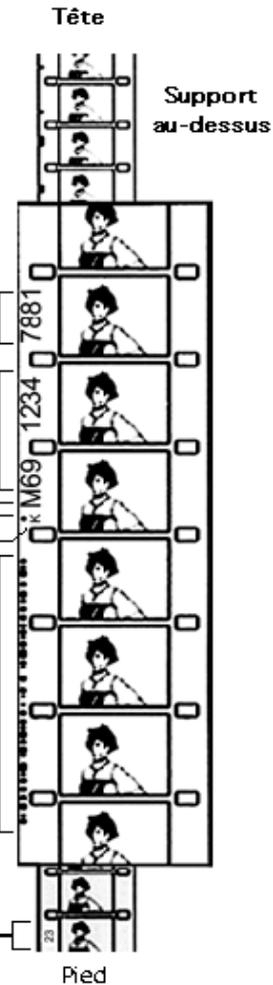
**Préfixe** — Six chiffres qui identifient la bobine

**Code d'identification du fabricant** — (sous la référence de l'image zéro)  
Une lettre qui identifie le fabricant de la pellicule. K = Eastman Kodak Company

**Référence de l'image zéro** — (Un point identifie l'image zéro à la fois pour le code barres et les chiffres lisibles à l'œil.)

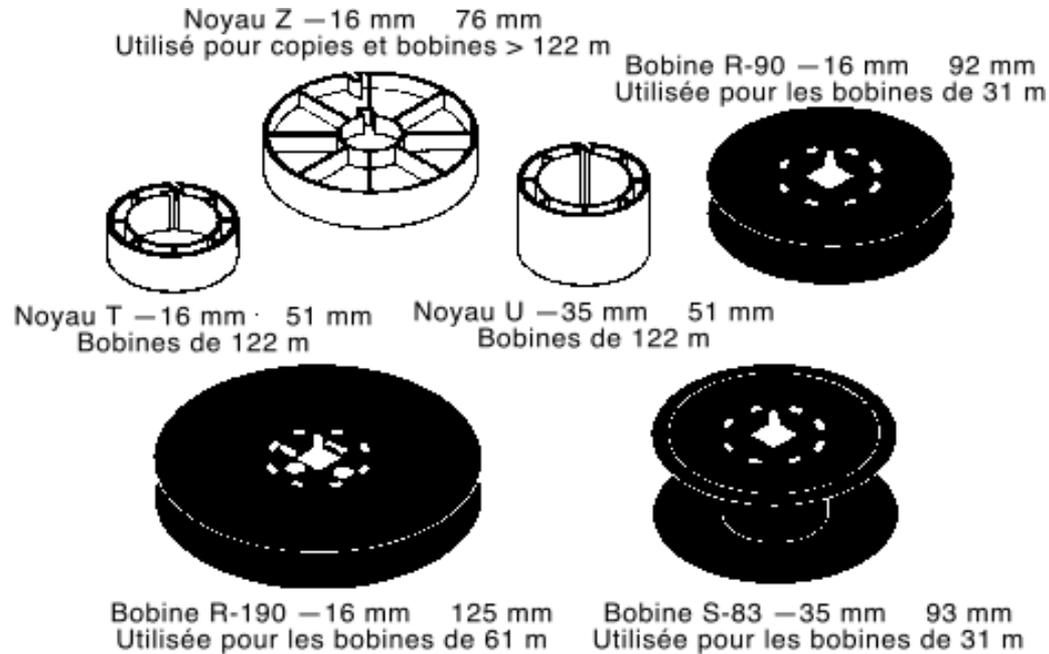
**KEYCODE™**  
Numéros de bord Kodak, lisibles par machine. Comprend numéro de bord de 10 chiffres, l'identification du fabricant, le code de la pellicule, le repère de perforation.

**N° du tronçon (strip)**



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

# Conditionnement



## Poids unitaire des bobines de pellicule :

35 mm en 122 mètres : 1,200 kg	16 mm en 30 mètres : 0,350 kg
35 mm en 305 mètres : 2,700 kg	16 mm en 122 mètres : 0,600 kg

## Durée des bobines à la cadence de 24 images/seconde :

35 mm en 122 mètres : 4 minutes 23 secondes	16 mm en 30 mètres : 2 minutes 44 secondes
35 mm en 305 mètres : 10 minutes 57 secondes	16 mm en 122 mètres : 10 minutes 56 secondes



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Le choix des émulsions

**Liste des émulsions négatives proposées par Kodak (en 2004) :**

- KODAK VISION2 5212 / 7212 100T
- KODAK VISION2 5217 / 7217 200T
- KODAK VISION2 5218 / 7218 500T
- KODAK VISION2 5229 / 7229 500T ( douce )
  
- KODAK VISION 5246 / 7246 250D
- KODAK VISION 5277 / 7277 320T ( Ultra latitude )
- KODAK VISION 5263 / 7263 500T ( bas contraste, faible saturation )
- KODAK VISION 5279 / 7279 500T ( contrastée )
- KODAK VISION 5289 / 7289 800T
- KODAK SFX 200T ( trucage incruste fond vert )
- EASTMAN 5245 / 7245 EXR 50D

*<http://wwwfr.kodak.com/US/en/motion/products/negative/index.jhtml>*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Prix de la pellicule en 2001

## 35 mm (122 mètres):

Eastman EXR 50D	5245	297 €
<b>Kodak Vision2 100 T</b>	<b>5212</b>	297 €
<b>Kodak Vision2 200 T</b>	<b>5217</b>	297 €
Kodak SFX 200 T*		471 €
Kodak Vision 250 D	5246	306 €
Kodak Vision 320 T	5277	306 €
<b>Kodak Vision2 500 T</b>	<b>5218</b>	306 €
<b>Kodak Vision2 500 T</b>	<b>5229</b>	306 €
Kodak Vision 800 T	5289	307 €

\* pour effets spéciaux, fonds vert ou bleu

## 16 mm (122 mètres):

Eastman EXR 50D	7245	172 €
<b>Kodak Vision2 100 T</b>	<b>7212</b>	
<b>Kodak Vision2 200 T</b>	<b>7217</b>	178 €
Kodak Vision 250 D	7246	178 €
Kodak Vision 320 T	7277	178 €
<b>Kodak Vision2 500 T</b>	<b>7218</b>	178 €
<b>Kodak Vision2 500 T</b>	<b>7229</b>	178 €
Kodak Vision 800 T	7289	181 €

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Le choix des émulsions

### Liste des émulsions négatives proposées par Fuji (en 2003) :

- Fujicolor F-64 D
- Fujicolor F-125
- Fujicolor F-250
- Fujicolor F-250 D
- Fujicolor F-400
- Fujicolor F-500



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Critères de choix d'une émulsion

### *Critères de production*

- Quel sera le format de diffusion, le public-cible ?
- Super 16 ou 35 ?
- Télévision, vidéo et cinéma ?

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Critères de choix d'une émulsion

### *Critères esthétiques*

- Noir / blanc ou/et couleur ?
- Contraste
- Flashage pour réduire les contrastes.
- Développement nég. ou pos. sans blanchiment pour désaturer les couleurs et augmenter les contrastes.
- Rendu des couleurs.
- Grain
- Profondeur de champ (—> sensibilité)

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Critères de choix d'une émulsion

### *Critères techniques*

- Sensibilité.
- Sensibilité chromatique (lumière du jour ou lumière artificielle)
- Contraste.
- Trucages labo: le matériel de départ doit avoir un grain le plus fin possible.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## **Sensitométrie :**

ça commence comme sensibilité, ça se finit par métrie...

La sensitométrie va nous permettre de mesurer la sensibilité de la pellicule.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

La sensitométrie se propose de mesurer et d'analyser **les relations existant entre l'exposition lumineuse d'une émulsion et la densité de cette émulsion après développement**. Elle est l'instrument principal de contrôle au laboratoire, mais elle est aussi utilisée par presque tous les chefs opérateurs au cours de leur travail.

## **La sensitométrie est utilisée:**

1. pour étudier, dans des conditions de développement normalisées, les réactions d'une émulsion à une succession d'expositions lumineuses;
2. pour étudier l'influence des variations d'un paramètre du développement comme le temps et la température sur une émulsion déterminée;
3. pour comparer les actions respectives de différents révélateurs sur une émulsion;
4. pour contrôler, en cours de développement, la stabilité d'un révélateur;
5. pour contrôler statistiquement le fonctionnement du service de développement d'un laboratoire.

Nous nous limiterons ici à aborder très brièvement les deux premiers points, qui concernent d'avantage les techniciens de la prise de vues, les trois autres étant de la compétence des techniciens de laboratoire

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



Un sensitographe, communément appelé SENSITOMETRE



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21

Noir de carbone couché sur de la gélatine



Film exposé puis développé

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

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) a **21 plages distinctes de progression 0,15\* en log.**



*\* attention, certains modulateurs ont une progression de 0,20*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

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

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

ou

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

avec : H : exposition lumineuse en lux.seconde  
I<sub>v</sub> : intensité lumineuse en candela  
t : temps d'exposition en seconde  
d : distance en mètres  
Op : Opacité des filtres



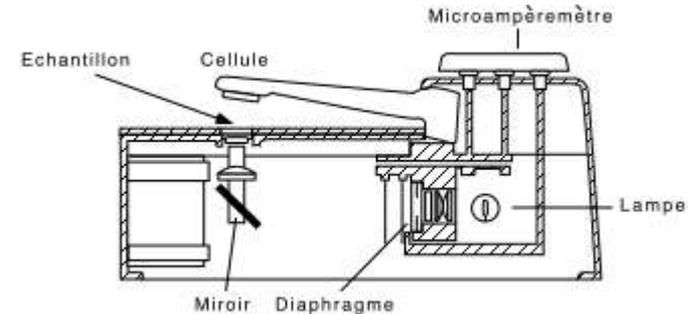
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

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.

**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 intensités lumineuses transmises et incidentes.



$$\text{Transmission} = \Phi_t / \Phi_i = I_t / I_i ; \text{Opacité} = 1/T ;$$
$$\text{Densité} = \log (O_p) = \log(1/T) = \log (I_i/I_t)$$

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

Rappel des logarithmes

1) Le logarithme décimal d'un nombre A, est l'exposant de la puissance de 10 qui est égale à A.

Par exemple

10=	$10^1$	a pour logarithme	1
100=	$10^2$	»	2
1000=	$10^3$	»	3

2) Multiplier en arithmétique correspond à additionner en logarithme.

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

3) **Retenir  $\log 2 = 0,3$**

Arithm	1	2	4	8	10	40	8 000	20 000
	1	2 x 1	2x2x1	2x2x2x1	10	2x2x10	2 x 2 x 2 x 1000	2 x 10 000
	$10^0$	$2 \times 10^0$	$2 \times 2 \times 10^0$	$2 \times 2$ $\times 2 \times 10^0$	$10^1$	$2 \times 2 \times 10^1$	$2 \times 2$ $\times 2 \times 10^3$	$2 \times 10^4$
log	0	0,30+0	0,3+0,3 +0	0,3+0,3 +0,3+0	1	0,3+0,3+1	0,3 + 0,3 +0,3 + 3	0,3+4
log	<b>0</b>	<b>0,30</b>	<b>0,60</b>	<b>0,90</b>	<b>1</b>	<b>1,6</b>	<b>3,9</b>	<b>4,3</b>

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

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

4) Diviser en arithmétique correspond à soustraire en logarithme.

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

<b>Arithm</b>	<b>1/1 000</b>	<b>1/100</b>	<b>1/50</b>	<b>1/10</b>	<b>1</b>
			2/100		
	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$2 \times 10^{-2}$	$10^{-1}$	$10^0$
<b>log</b>	<b>-3</b>	<b>-2</b>	<b>0,3 - 2 = -1,7</b>	<b>-1</b>	<b>0</b>

Diviser par **2** en arithmétique  
correspond à retrancher **0,30** en logarithme

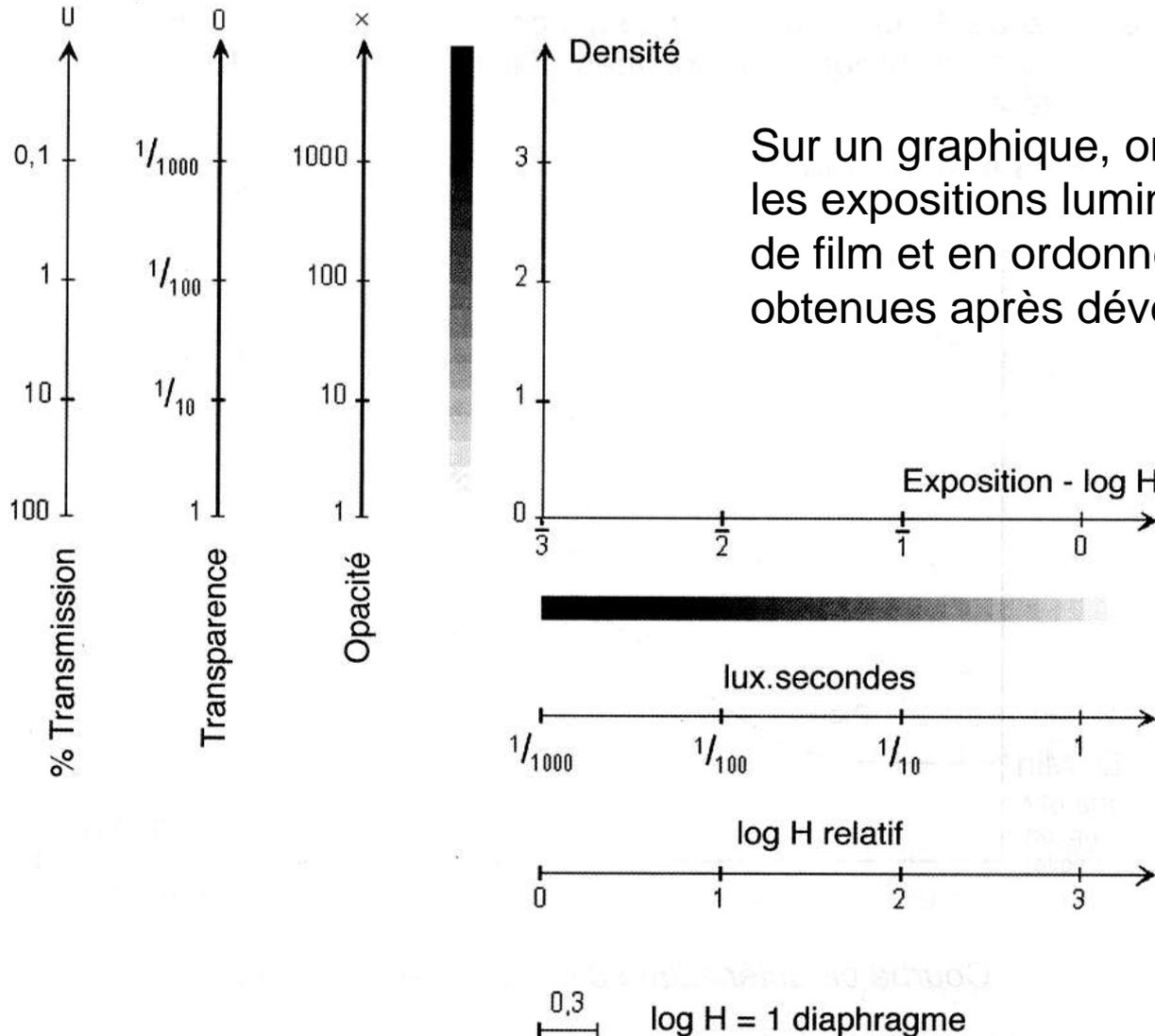
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

<b>Opacités</b>	<b>Densités</b>	<b>Opacités</b>	<b>Densités</b>
<b>1</b>	<b>0,00</b>	31,6	1,50
1,78	0,25	56,2	1,75
<b>2</b>	<b>0,30</b>	100	2
3,16	0,50	178	2,25
<b>4</b>	<b>0,60</b>	316	2,50
5,62	0,75	562	2,75
<b>8</b>	<b>0,9</b>	1 000	3
10	1	10 000	4
17,8	1,25	1 000 000	6

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

***L'axe des expositions lumineuses*** 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 1ère et la 21ème 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'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

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

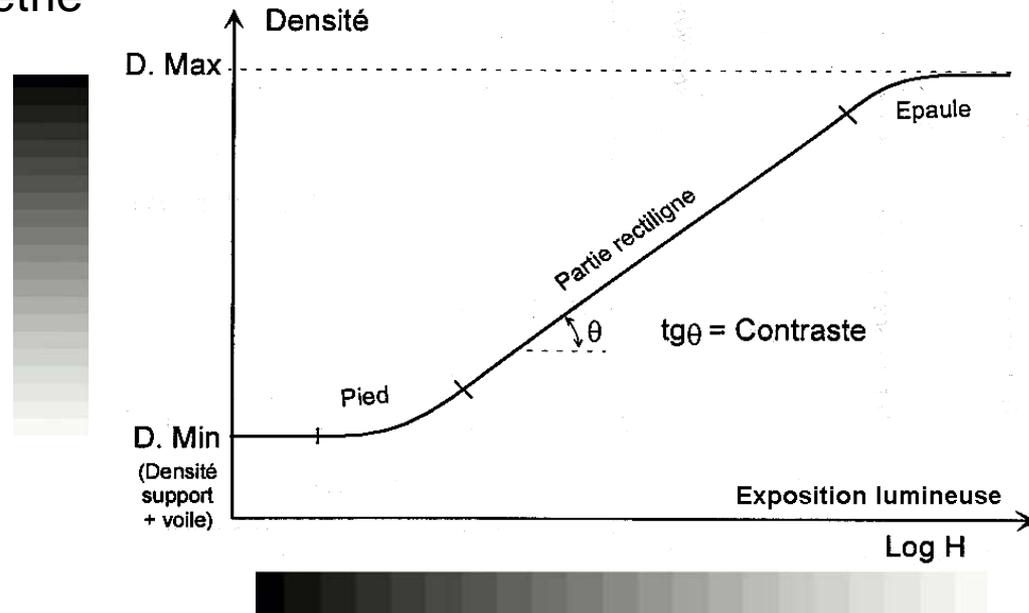
Pour le cinéma, *les valeurs indiquées vont généralement de*

- 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'œil 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.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



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

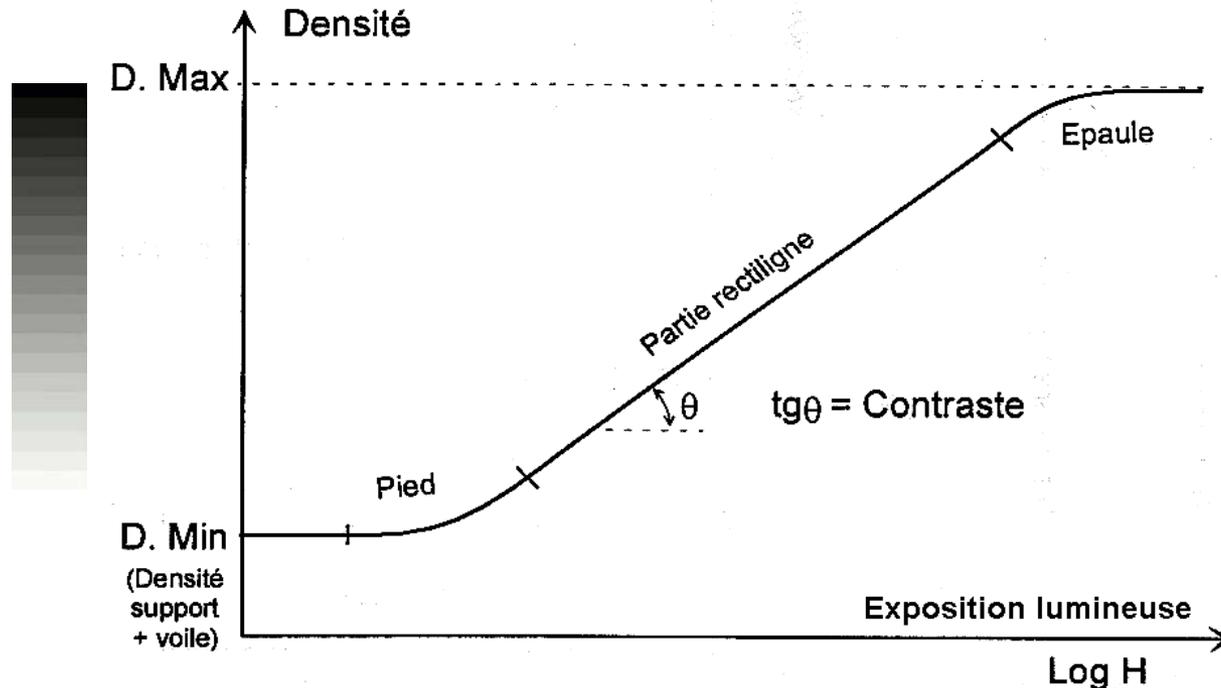
**Densité Optique = fonction (log Exposition lumineuse)**

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

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

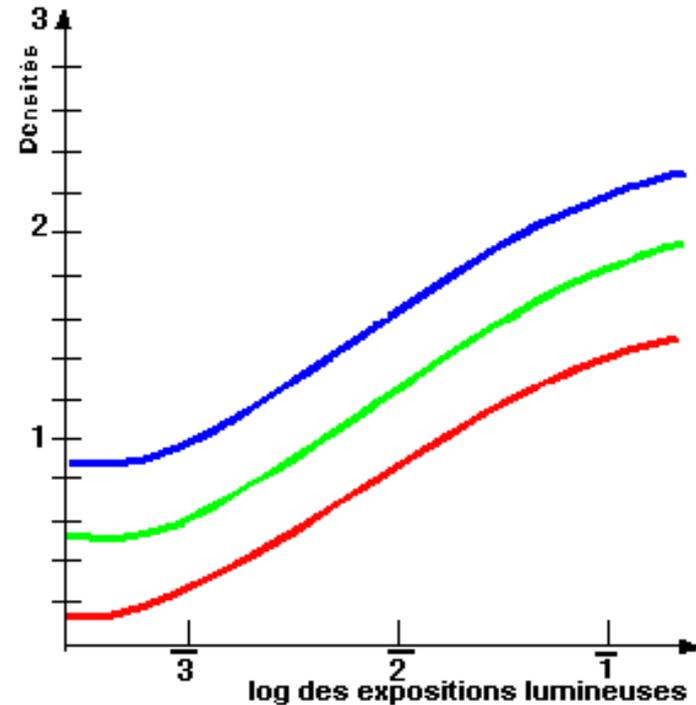


**DENSITE MINIMALE** : C'est la valeur minimale lue sur la courbe comprenant la densité du support et la plus faible densité que peut donner l'émulsion après développement appelé voile ; ce dernier est dû à des grains d'argent spontanément développés.

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

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



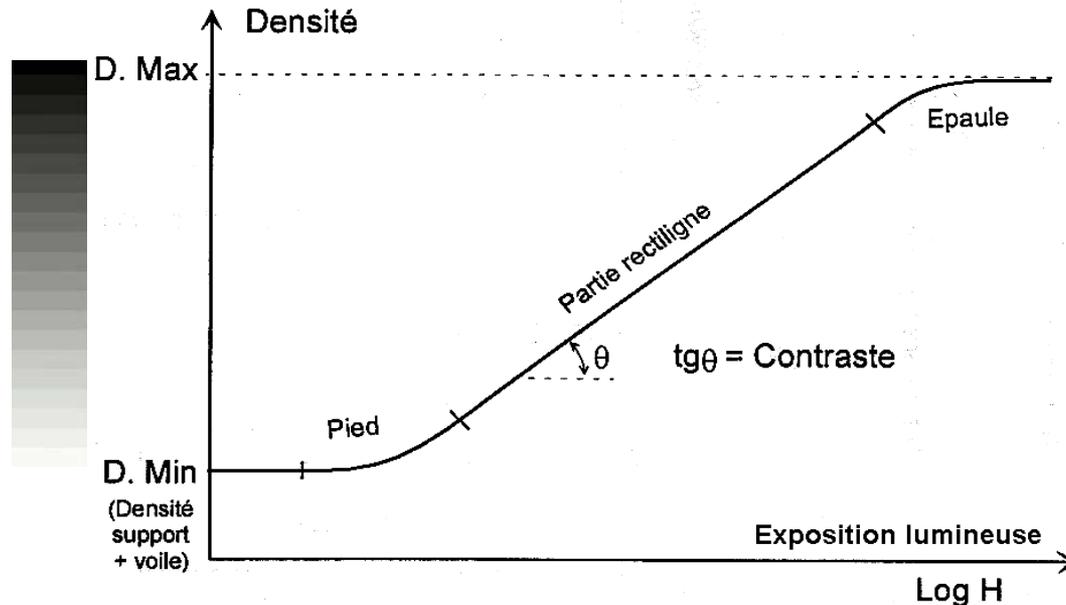
**DENSITE MINIMALE** : Les pellicules négatives et intermédiaires couleur ont des valeurs de voile très différentes en fonction des couleurs lues :

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.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

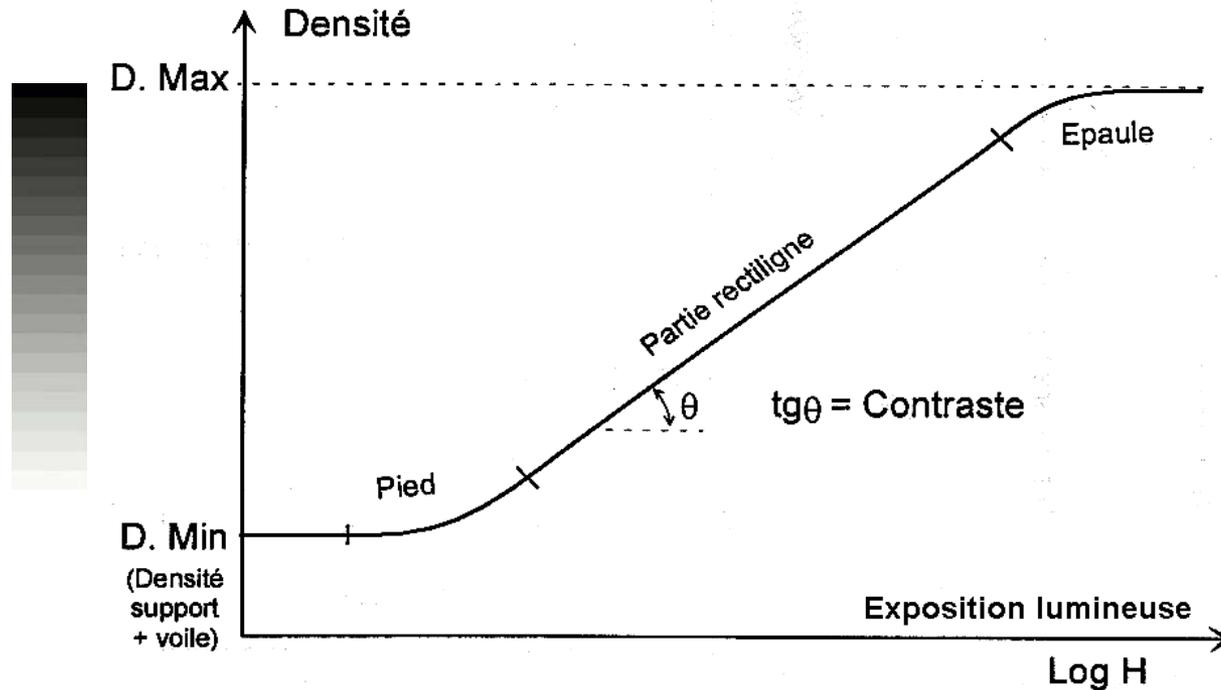


**PIED DE COURBE** : A partir de ce niveau, l'émulsion commence à réagir à des variations de lumière, mais d'une façon progressive ; la relation n'est pas linéaire.

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.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

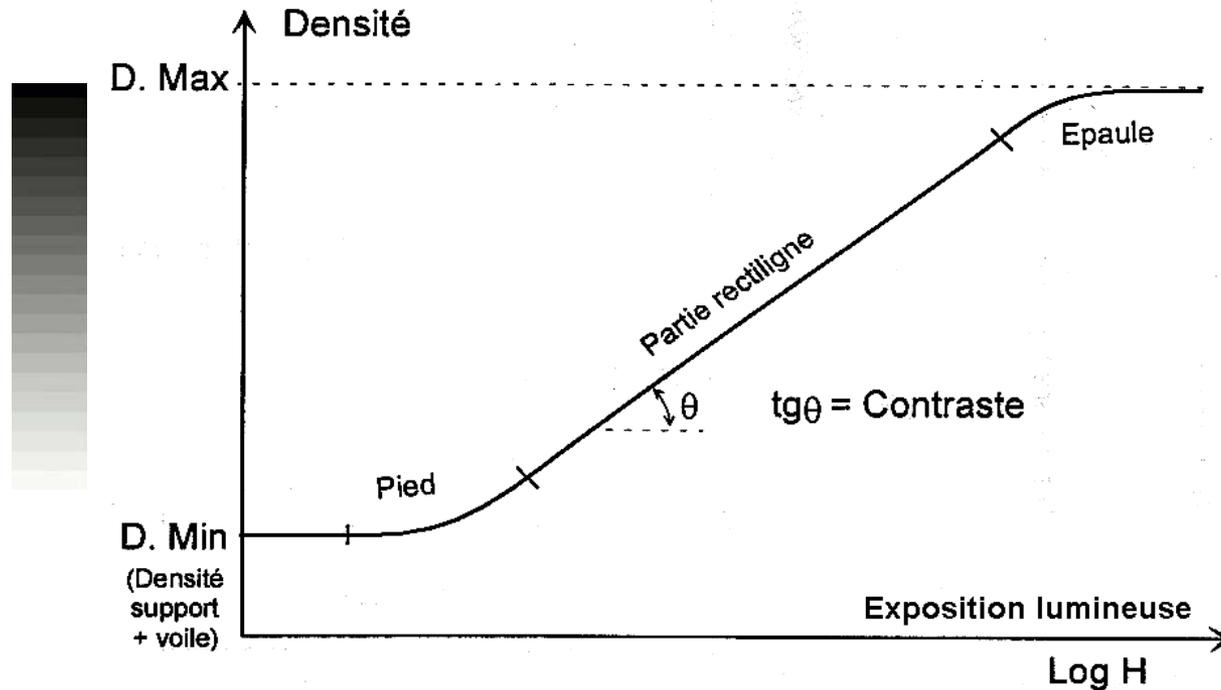
## Éléments de sensitométrie



**PARTIE RECTILIGNE** : Zone dans laquelle la progression de densité obtenue est proportionnelle au logarithme de l'exposition lumineuse 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.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

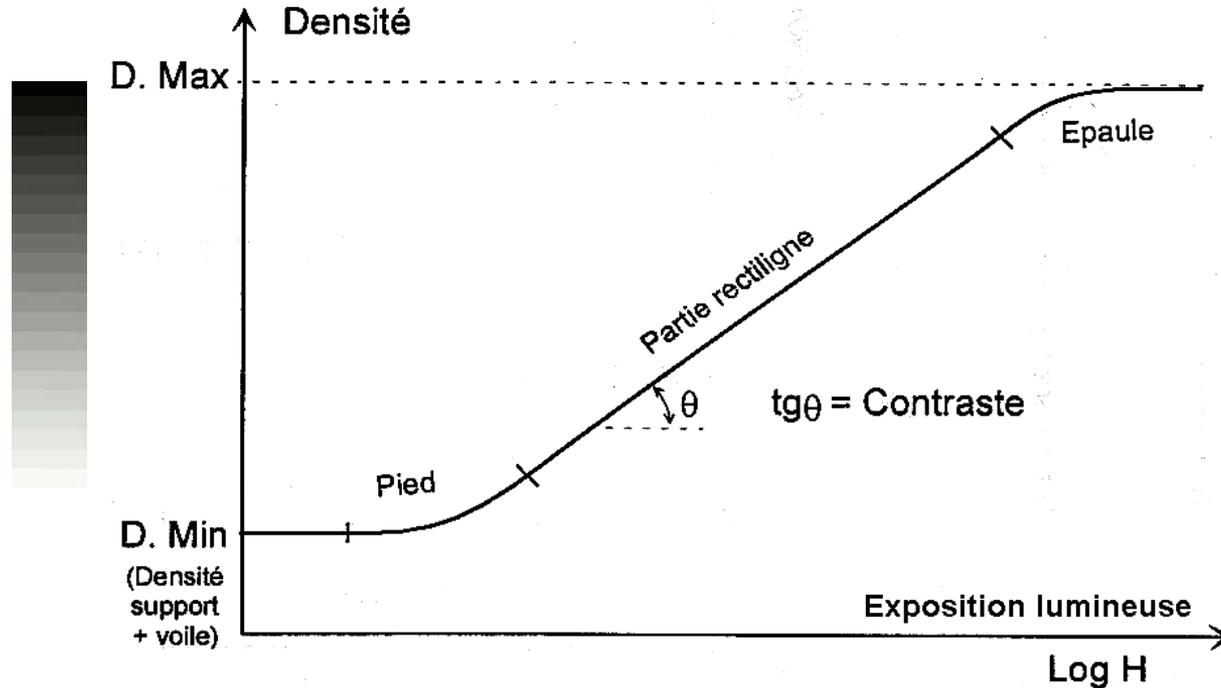
## Éléments de sensitométrie



**EPAULE** : A nouveau le film commence à ne plus réagir proportionnellement aux variations de l'exposition lumineuse jusqu'à obtention d'une pente nulle. En cas de surexposition 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).

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

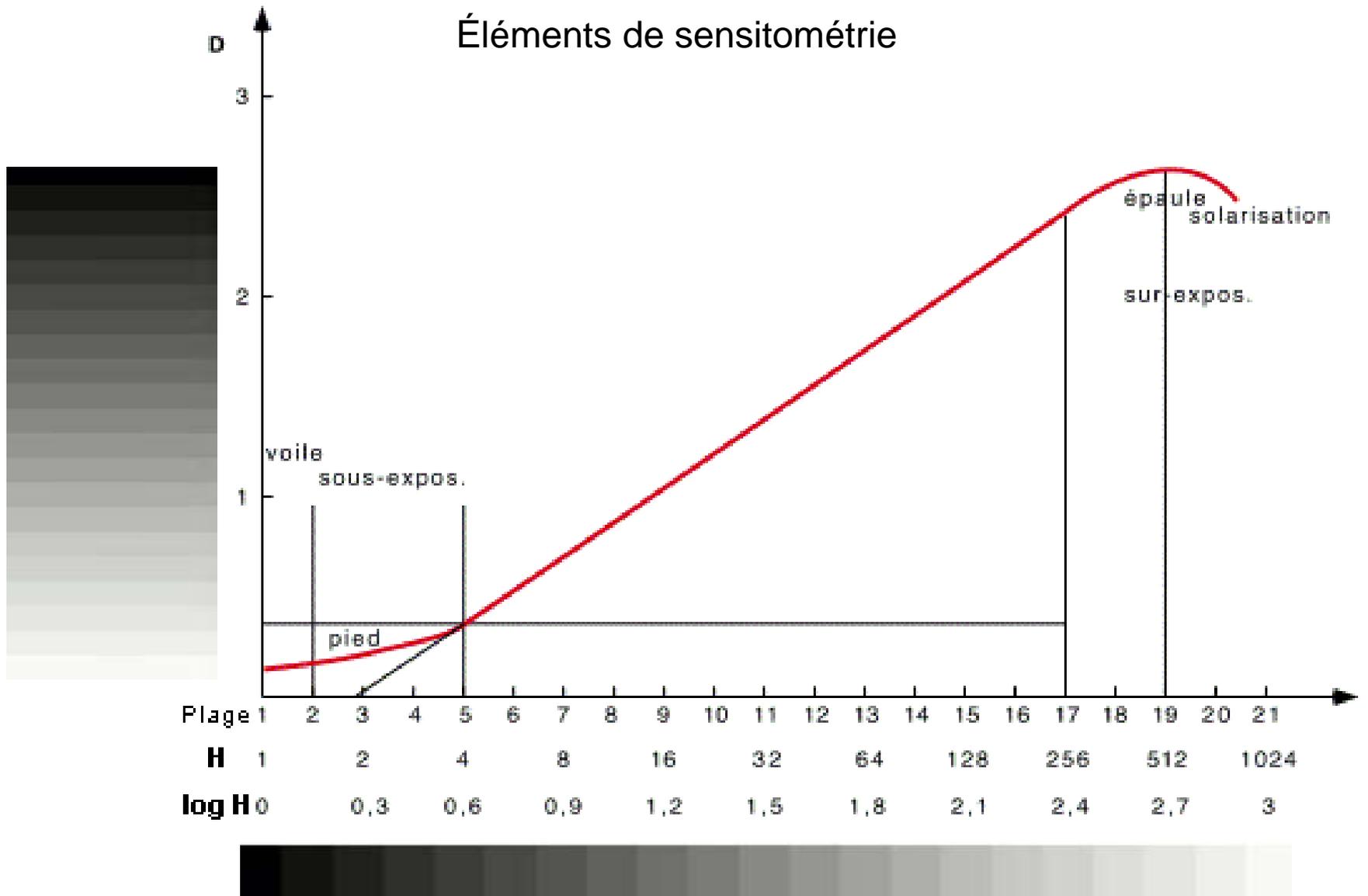
## Éléments de sensitométrie



**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.

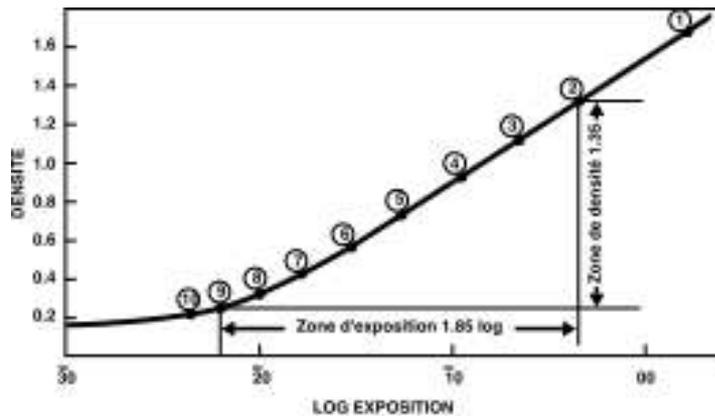
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



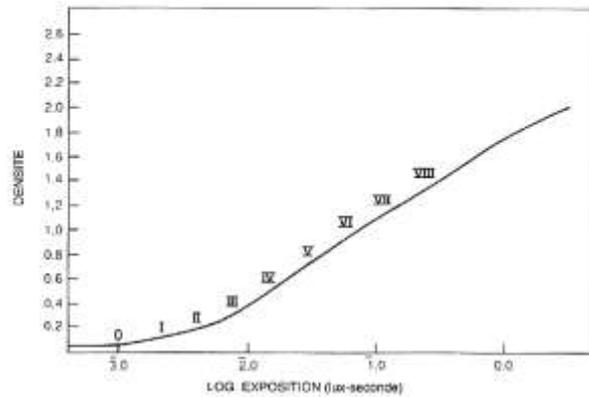
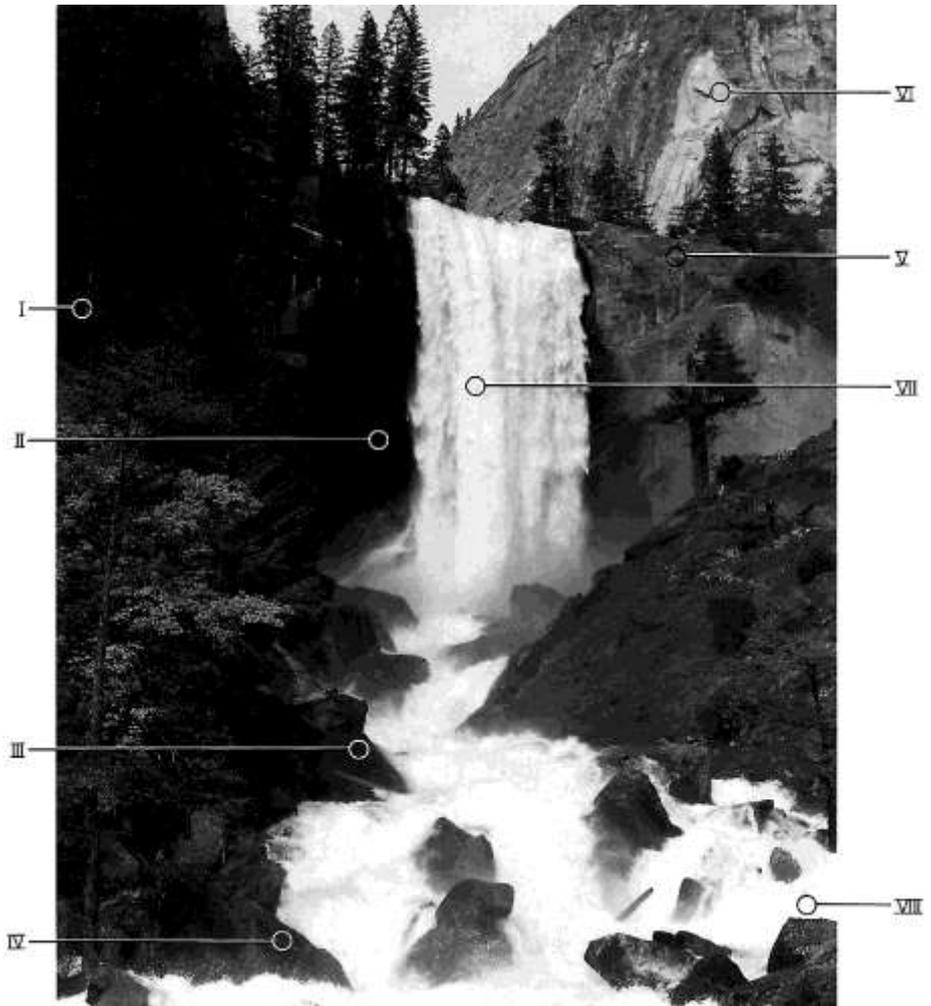
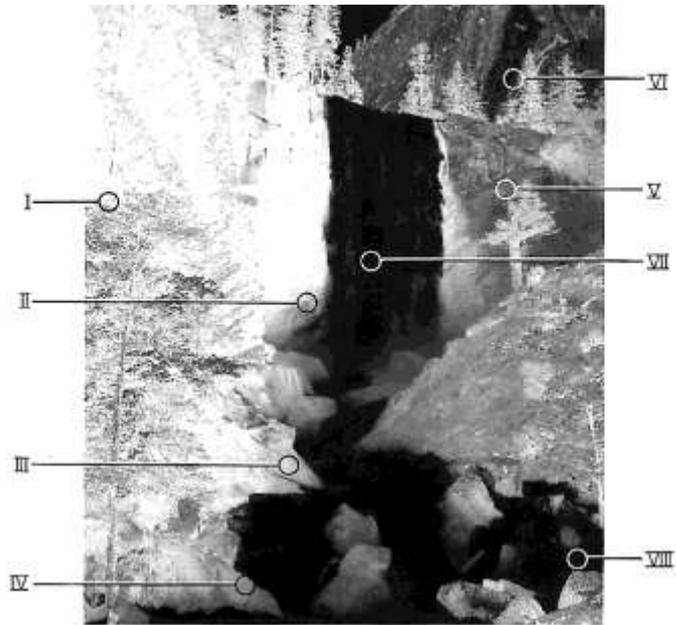
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



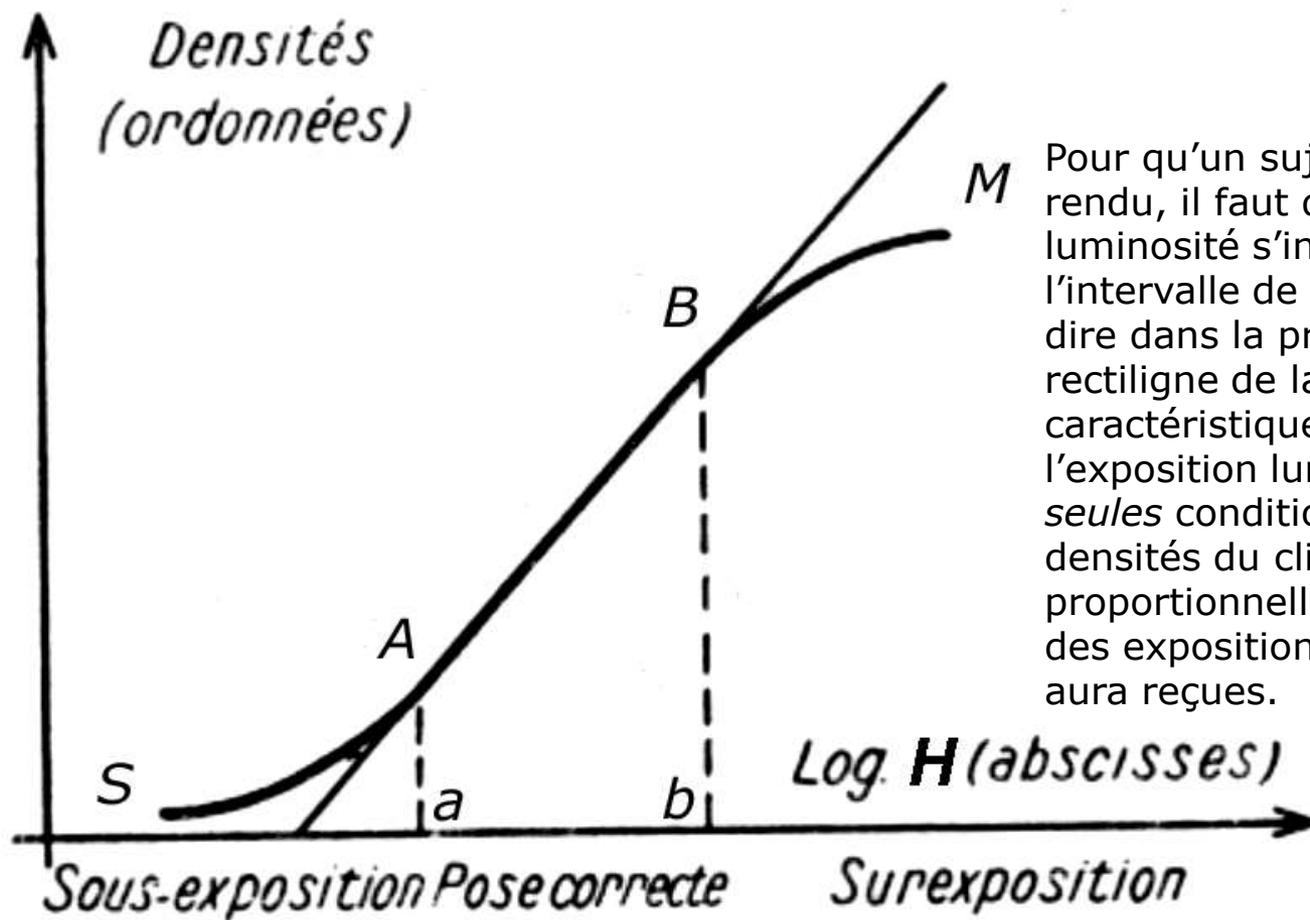
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



Pour qu'un sujet soit correctement rendu, il faut que son intervalle de luminosité s'inscrive dans l'intervalle de pose correcte, c'est-à-dire dans la projection de la partie rectiligne de la courbe caractéristique sur l'axe des log de l'exposition lumineuse. Dans ces seules conditions, en effet, les densités du cliché seront proportionnelles aux logarithmes des expositions lumineuses qu'il aura reçues.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

L'examen de la courbe sensito permet de constater qu'elle peut se diviser en plusieurs régions :

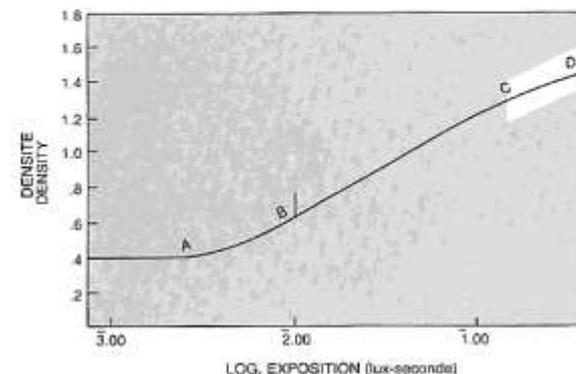
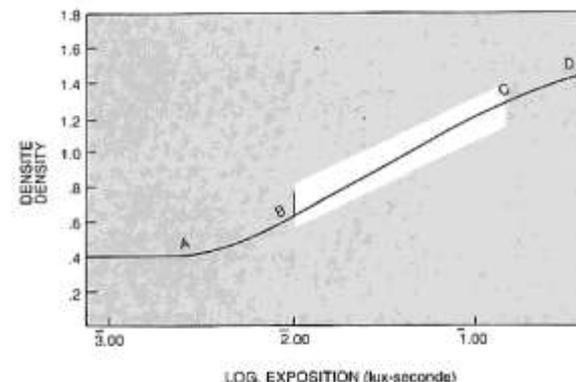
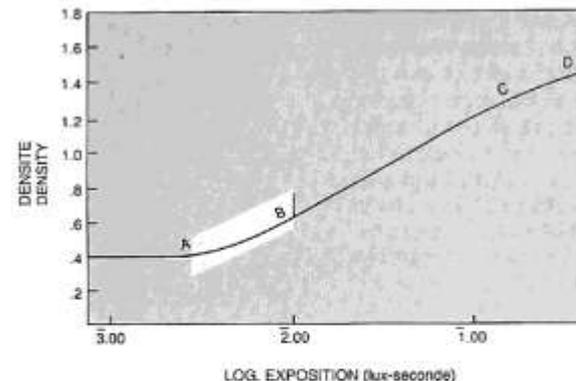
Le seuil de noircissement (voile)

La zone de sous-exposition (ou pied de courbe) AB

La zone de pose correcte BC

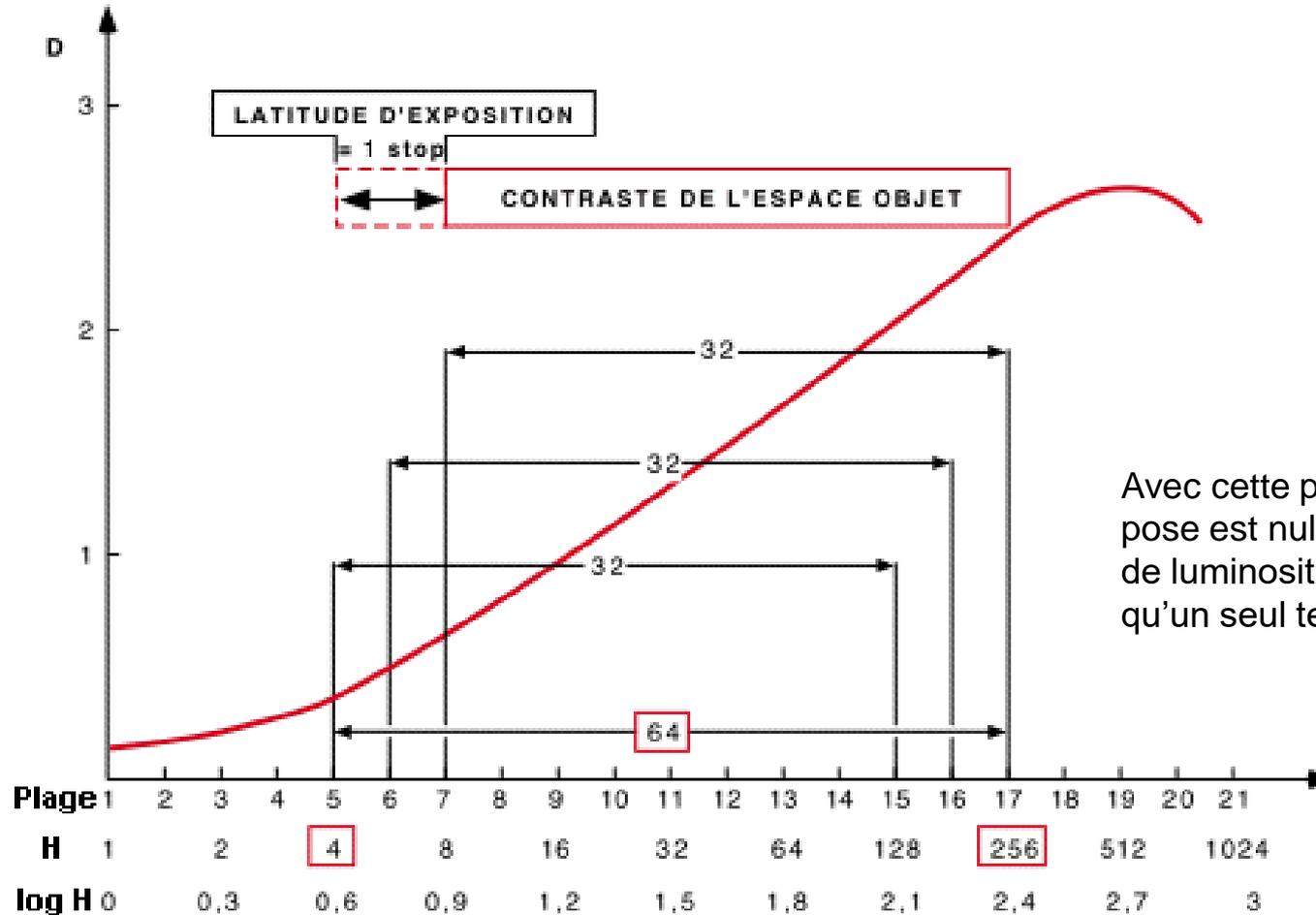
La zone de surexposition (ou épaule) CD

Le seuil de noircissement correspond à la plus petite valeur de l'exposition lumineuse susceptible d'impressionner l'émulsion, c'est une caractéristique importante. En maîtrisant cette zone, le directeur photo pourra travailler « en pied de courbe » afin d'obtenir des nuances subtiles dans les basses lumières



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie



Avec cette pellicule, la latitude de pose est nulle pour un intervalle de luminosité de 1 à 64. Il n'y aura qu'un seul temps de pose correct.

Moins le sujet est contrasté (intervalle de luminosité faible), plus la latitude de pose est grande.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

Sur ces photos, le contraste de l'objet est très grand (6 EV, intervalle de luminosité de 1 à 64). La latitude d'exposition est nulle, l'opérateur doit trouver un compromis pour obtenir le rendu le plus harmonieux (garder des nuages très clairs et la rue, qui est étroite, relativement sombre).



100 Iso 1/400<sup>e</sup> f.5,6



100 Iso 1/160<sup>e</sup> f.5,6



100 Iso 1/125<sup>e</sup> f.3,5

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

### Latitude de pose

Pour une émulsion donnée, la latitude de pose dépend à la fois de l'étendue de la zone de pose correcte et de l'intervalle des brillances extrêmes du sujet, dont il est une des principales caractéristiques. C'est le rapport qui existe entre la plus grande et la plus faible des différentes brillances présentées par les éléments du sujet.

*Par exemple :*

Un paysage par temps de brouillard	Moins de 10
Paysage sans premiers plans sombres ni lointain	1 à 10 – 1 à 20
Le même, avec parties ombragées	1 à 20 – 1 à 40
Le même, avec lointains clairs	1 à 40 – 1 à 60
Une rue ensoleillée avec des ombres	1 à 50 – 1 à 80
Une vue prise sous un pont avec la voûte	1 à 200 – 1 à 400
Une vue d'intérieur avec fenêtre éclairée	1 à 700 – 1 à 1 000

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Éléments de sensitométrie

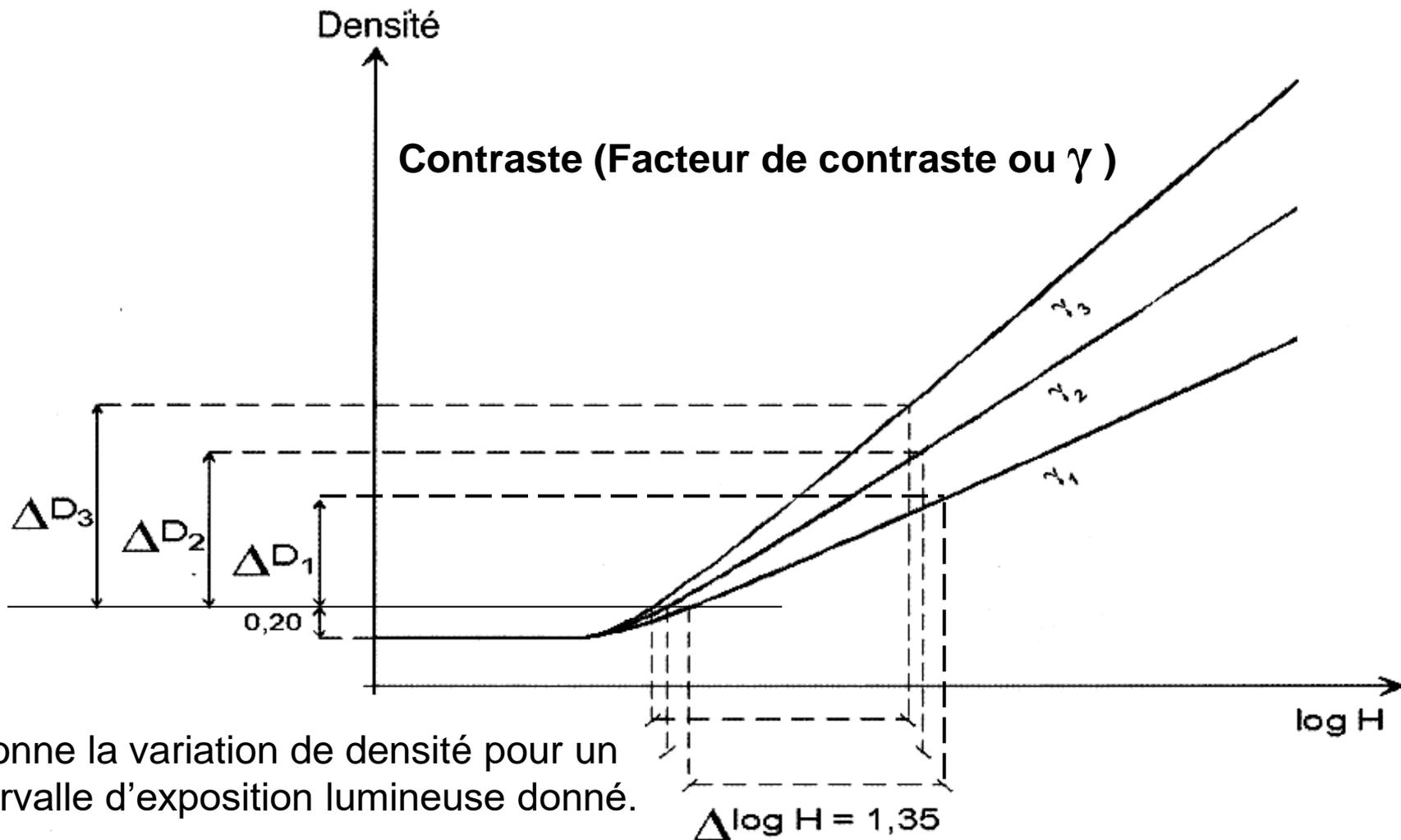
### Latitude de pose

Trois cas peuvent se présenter :

1. Le plus fréquemment, l'écart des brillances extrêmes du sujet est inférieur à l'intervalle de pose correcte.
  - La latitude de pose est d'autant plus grande que le sujet est moins contrasté.
  - L'exposition du film doit être choisie en tenant compte des grandes ombres qui doivent être correctement enregistrées. Si le choix est fait en fonction des hautes lumières, on risque d'obtenir un négatif trop dense, mais dans les deux cas le contraste de l'image serait le même. Les tirages sur un positif seraient équivalents, mais avec des durées d'impression différentes dépendant des densités maximales.
2. L'écart des brillances extrêmes est égal à l'intervalle de pose correcte. Il n'y a aucune latitude de pose, la durée d'exposition doit être déterminée avec précision.
3. L'écart des brillances extrêmes est plus grand que l'intervalle de pose correcte. Dans ce cas, il devient impossible d'enregistrer convenablement à la fois les hautes lumières et les grandes ombres. On se trouve dans la nécessité de sacrifier une partie des valeurs extrêmes en conservant celles estimées les plus intéressantes, éclairer les parties sombres ou filtrer les parties claires.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées



Il donne la variation de densité pour un intervalle d'exposition lumineuse donné.

## L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

### Contraste (Facteur de contraste ou $\gamma$ )

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

$$\gamma = \Delta D / \Delta \log H$$

$$\gamma_1 = \Delta D_1 / 1,35 \quad ; \quad \gamma_2 = \Delta D_2 / 1,35 \quad ; \quad \gamma_3 = \Delta D_3 / 1,35$$

### **AG : CONTRASTE**

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 exposition lumineuse supérieure de 1,35 log H

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## COURBES CARACTERISTIQUES TYPE

**AG : Contraste**  
 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  
 exposition lumineuse  
 supérieure de 1,35 Log (L)

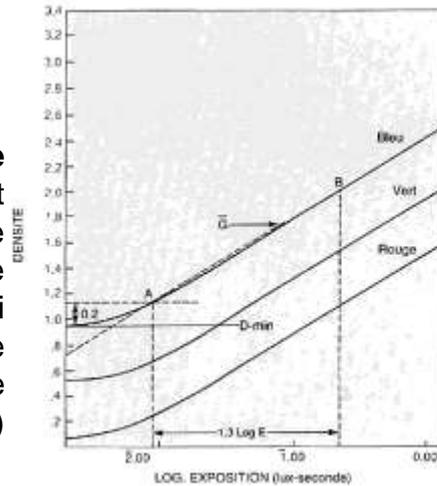


Figure 25  
*Négatif couleur*

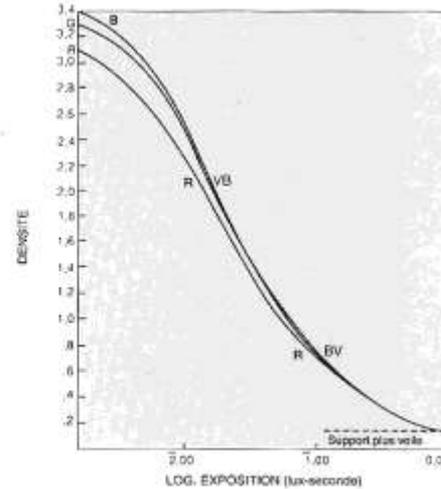


Figure 26  
*Pellicule inversible couleur*

Pellicules inversibles

Pied,  
 partie rectiligne,  
 épaule

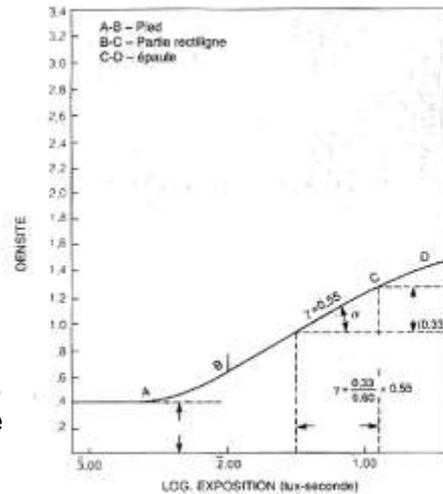


Figure 27  
*Négatif noir et blanc*

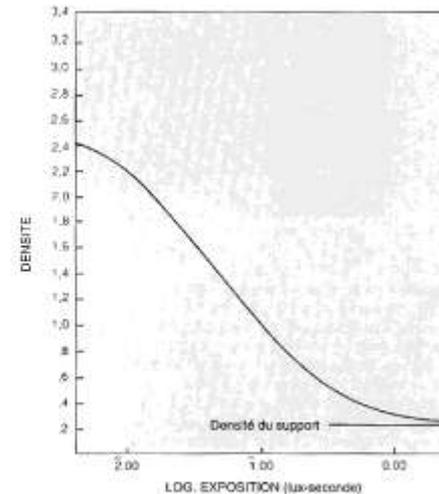


Figure 28  
*Pellicule inversible noir et blanc*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## **Sensibilité des émulsions négatives**

Déterminer la sensibilité d'une émulsion est essentiel. Sa connaissance permet d'utiliser au mieux ses propriétés autrement dit d'effectuer une exposition correcte.

L'usage des cellules, aussi précises soient-elles, ne résout pas tout le problème car il faut interpréter les résultats en fonction de l'émulsion utilisée.

Pour comparer les pellicules, il faudrait qu'elles aient les mêmes propriétés. D'ailleurs une même émulsion peut avoir plusieurs sensibilités (caractérisées chacune par la valeur de l'exposition lumineuse minimum à employer suivant l'usage auquel on la destine).

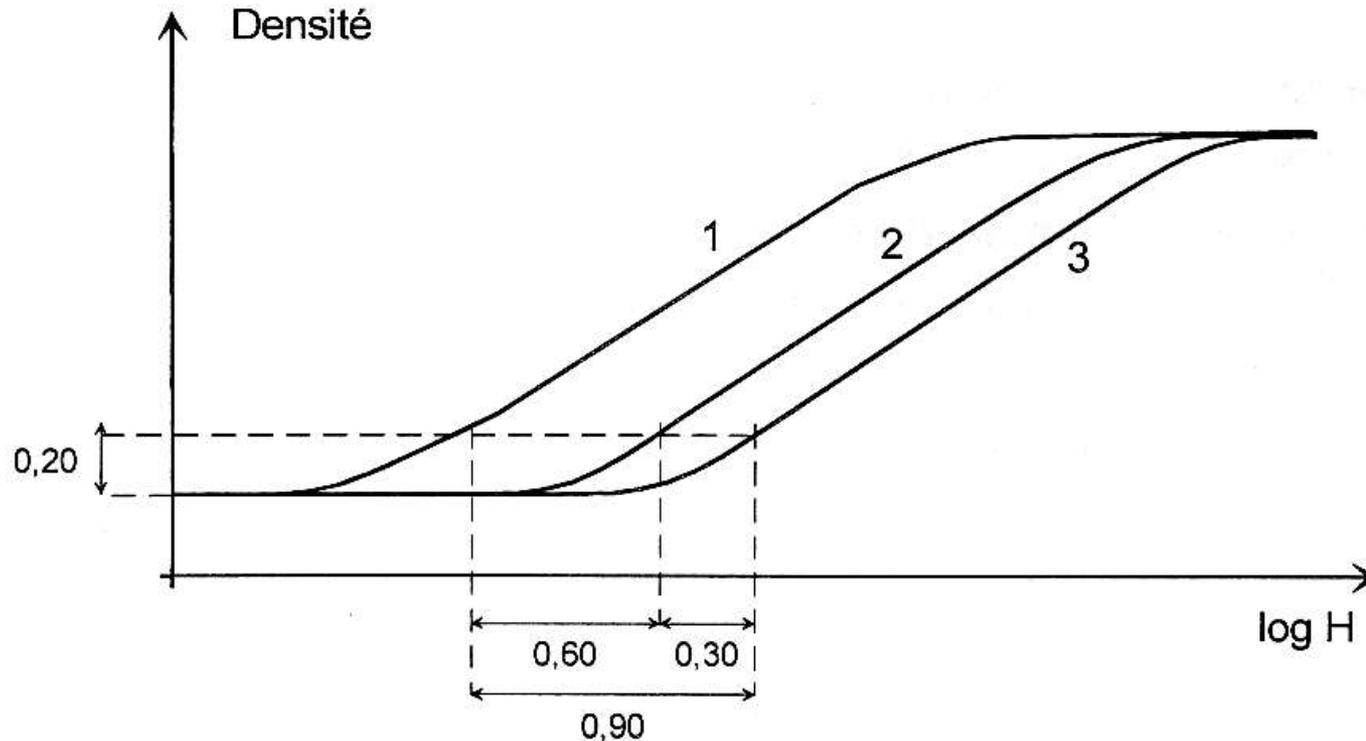
Diverses méthodes ont été employées pour la mesure de cette sensibilité, sensibilité par le seuil, sensibilité par détermination de la pente minimum utile.

Aujourd'hui, la norme ISO est universellement employée par les fabricants.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## Sensibilité des émulsions négatives



Exemple :

Courbe	1	2	3
E.I.	400	100	50

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## Sensibilité des émulsions négatives

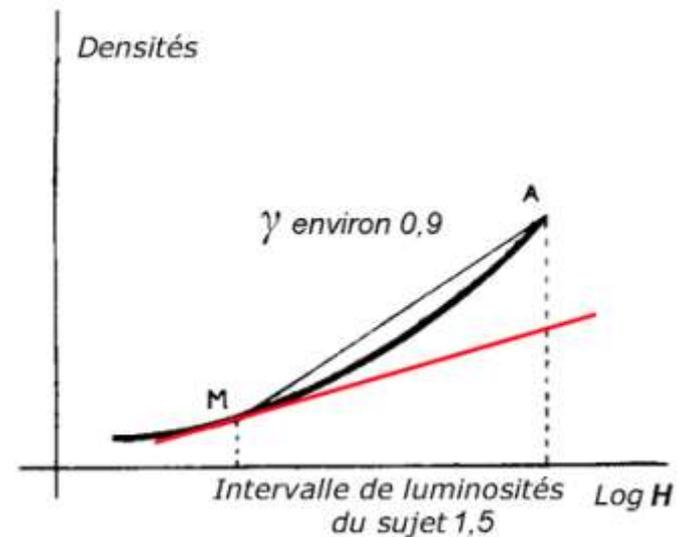
La connaissance de la sensibilité ou rapidité est indispensable pour la détermination de la durée d'exposition, mais il est difficile de fournir un renseignement précis sur la sensibilité, étant donné la diversité des émulsions, notamment en ce qui concerne l'allure de leurs courbes caractéristiques.

Le **système ASA** (American Standard Association), repris par la norme **ISO** (International Standardization Organization ),

« Le Log L du point de la courbe, dont la pente est les  $3/10^e$  de la pente moyenne pour un sujet dont l'intervalle de luminosité est 1,5 (en log). Gamma d'environ 0,9. »

(cf *manuel de sensitométrie, Lobel & Dubois*)

Si par exemple l'exposition lumineuse correspond au point M est  $\text{Log } L = 2$   
0,01 lux.seconde, la rapidité ASA sera  $1/0,01 = 100$ .



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## Sensibilité des émulsions négatives

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**

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

$H_{ER}$  étant la l'exposition lumineuse du point de la courbe de densité 0,20 au dessus de la densité minimale

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

*NB) Certains laboratoires ne fournissent pas de façon systématique l'ER, préconisant d'utiliser les sensibilités nominales des émulsions.*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## Sensibilité des émulsions négatives

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

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

*Tableau communiqué par GTC*

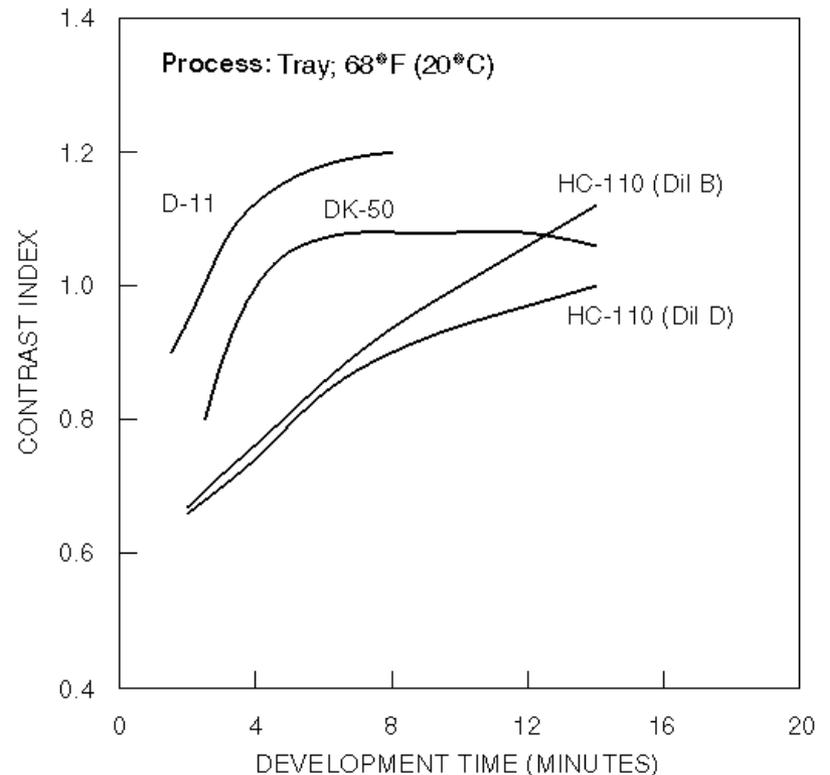
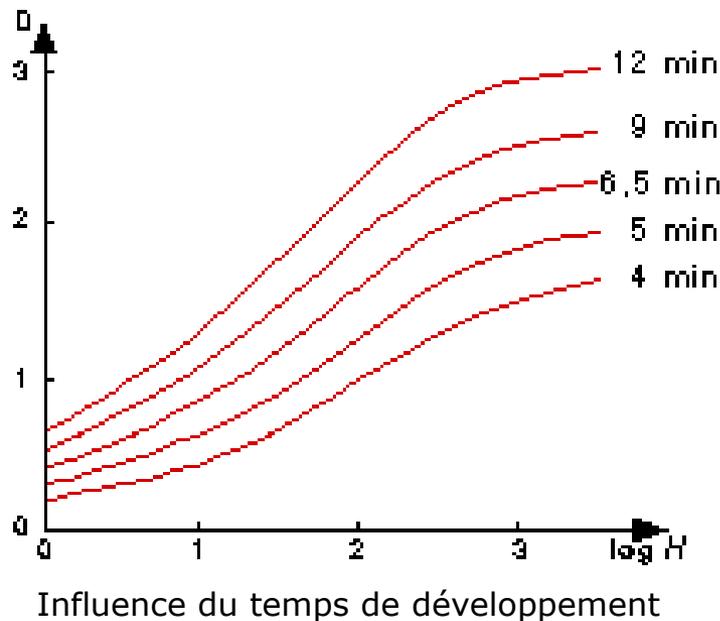
Une différence de 0,10 en E. R. correspond à un rapport de 1,26 en E.I., soit à un tiers de diaphragme en exposition. Cet écart est le minimum mesurable sur la courbe sensitométrique.

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Éléments de sensitométrie, principales caractéristiques calculées

## Sensibilité des émulsions négatives

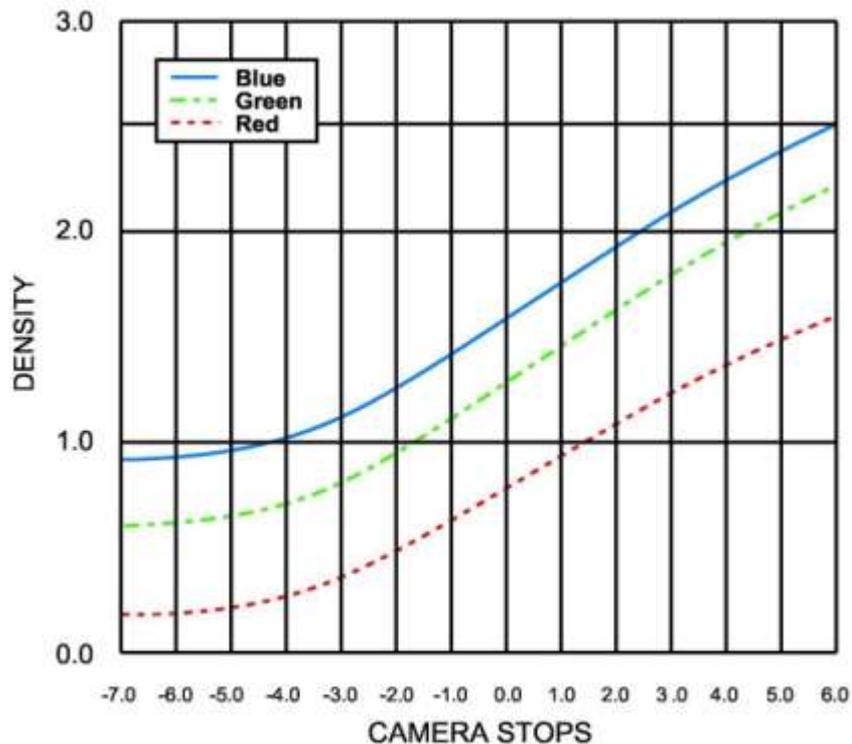
**Cette sensibilité est toujours donnée pour un contraste moyen; c'est pourquoi il est faux de dire, par exemple, que l'on peut augmenter la sensibilité par un traitement poussée... lequel revient uniquement à augmenter le contraste**



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensitogramme fabricant

**KODAK VISION2 500T**  
**Color Negative Film 5218 / 7218**  
**CHARACTERISTIC - CAMERA STOP CURVES**

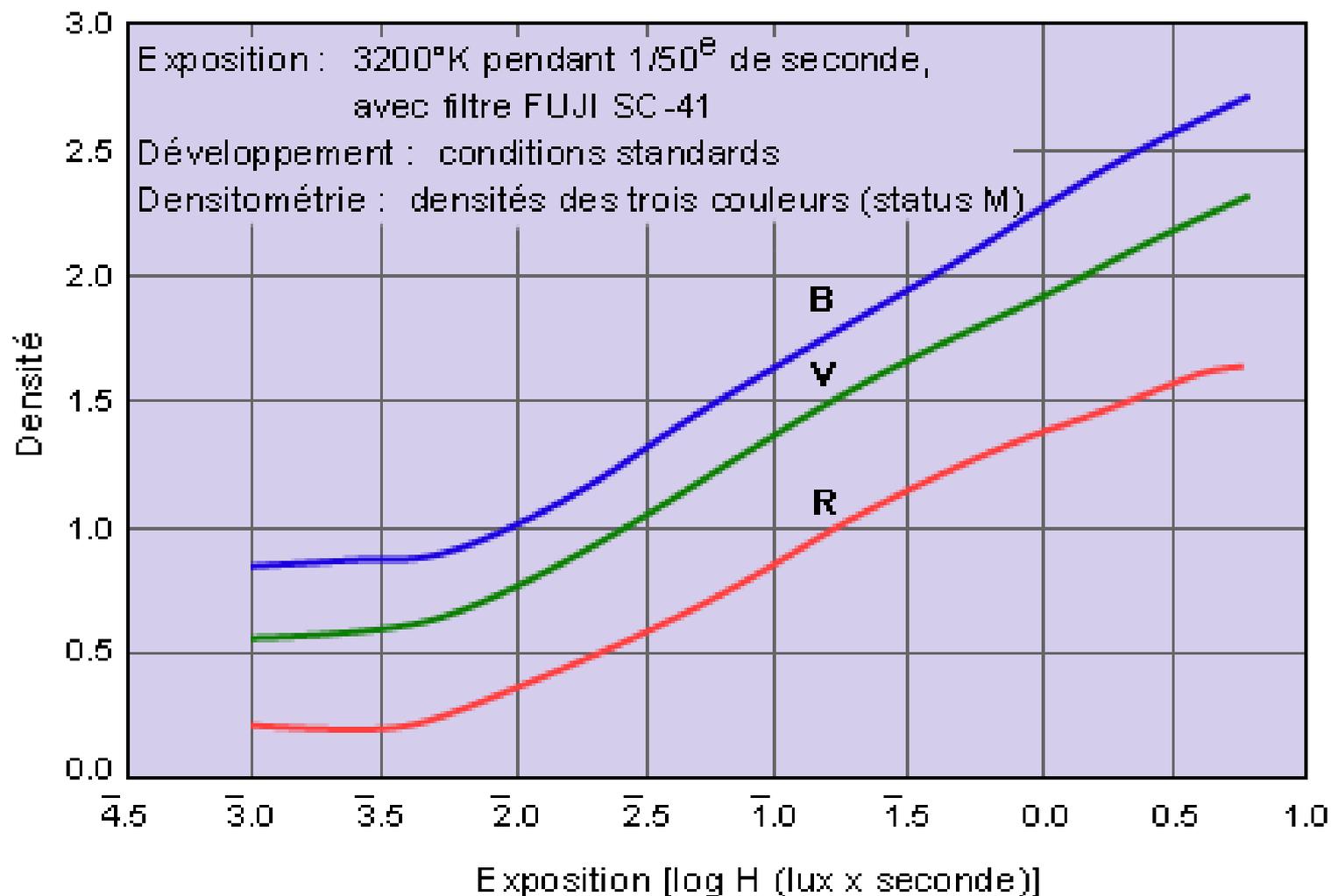


Exposure: 3200 K Tungsten 1/50 sec  
Process: ECN-2  
Densitometry: Status M

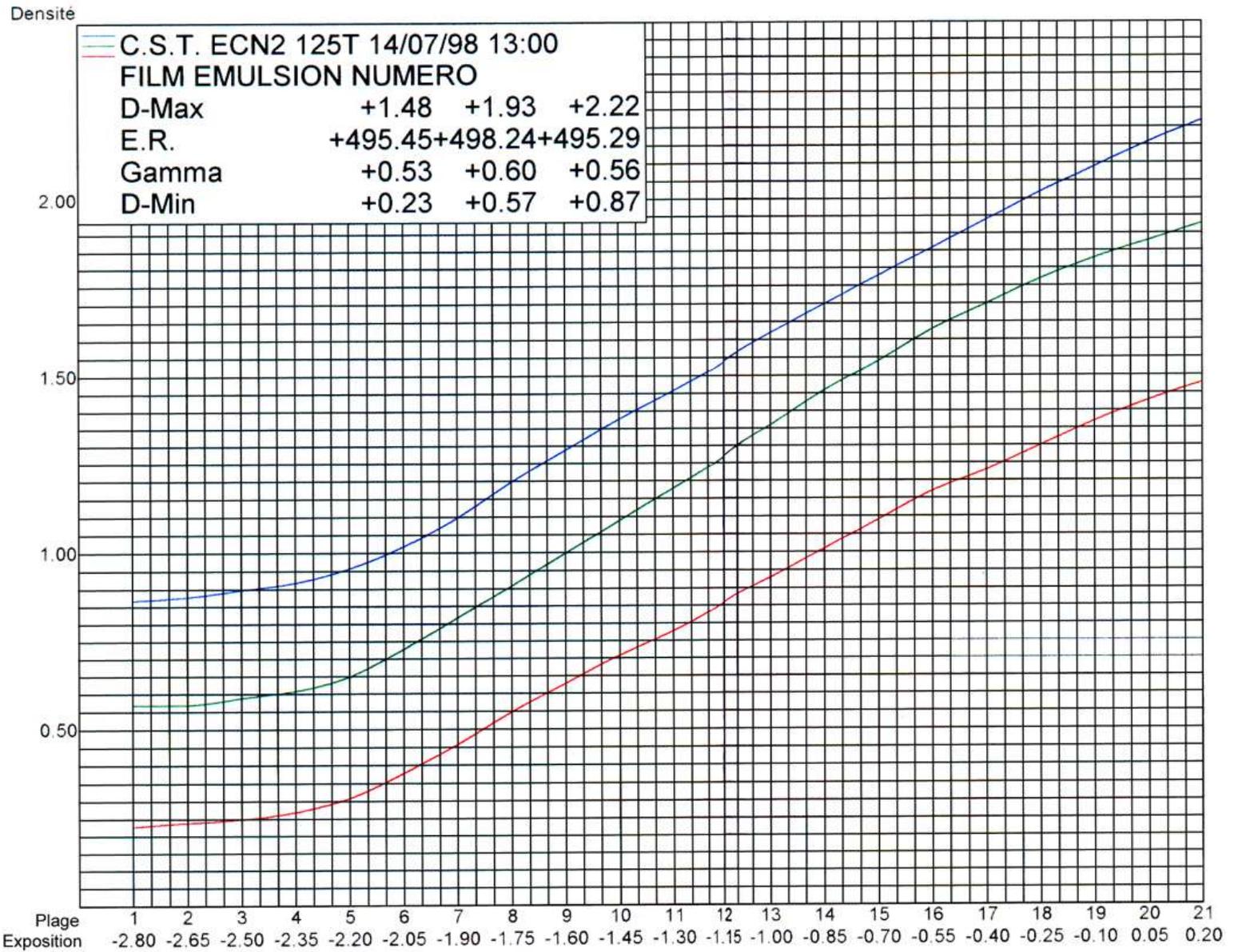
*NB) Pour un bon rendu des couleurs, la couche sensible au rouge a toujours un gamma inférieur aux autres.*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Sensitogramme fabricant



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



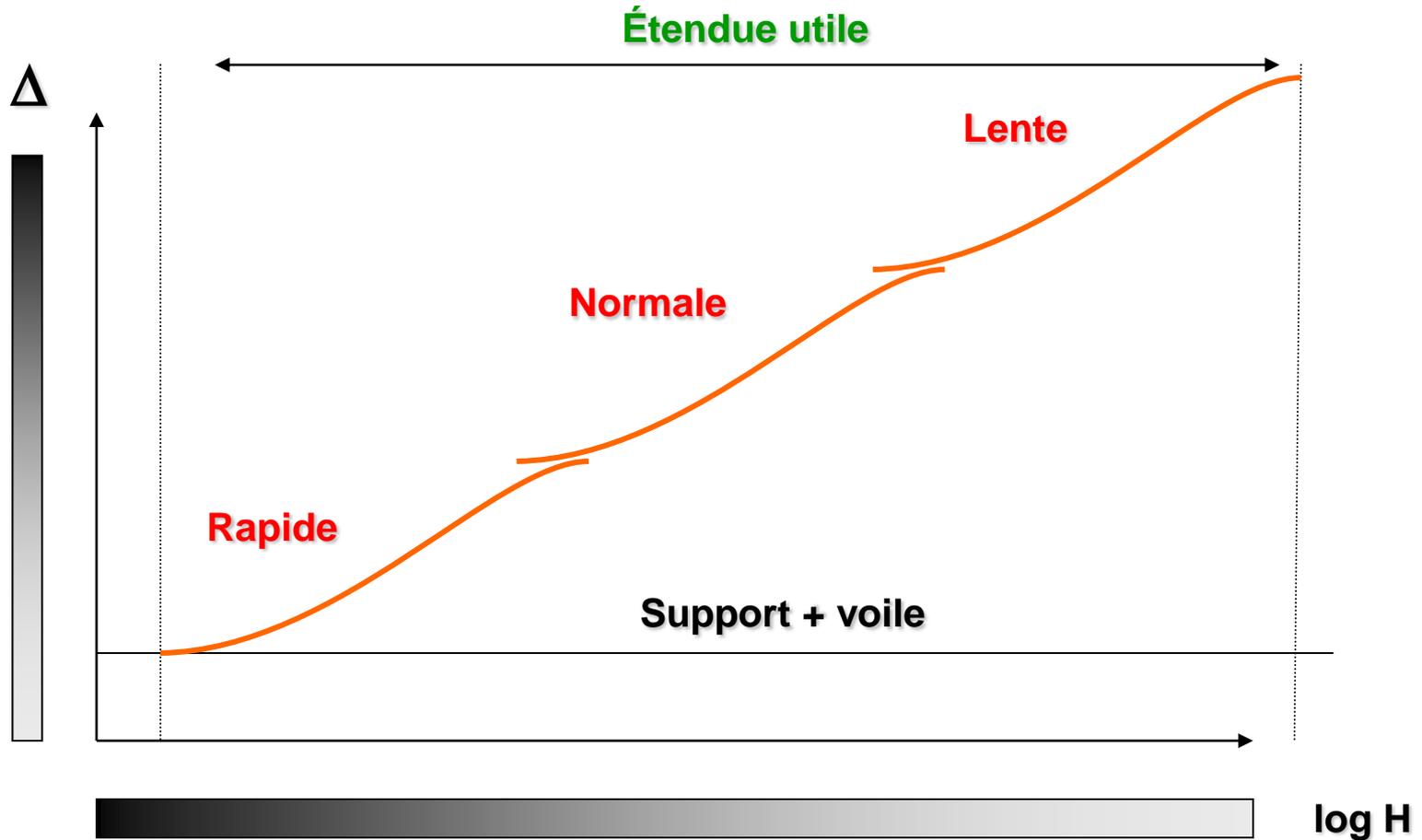
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Exemple de sensitogramme  
fourni par le **laboratoire Eclair**

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

Technique **Kodak Vision 2**  
*9 couches*

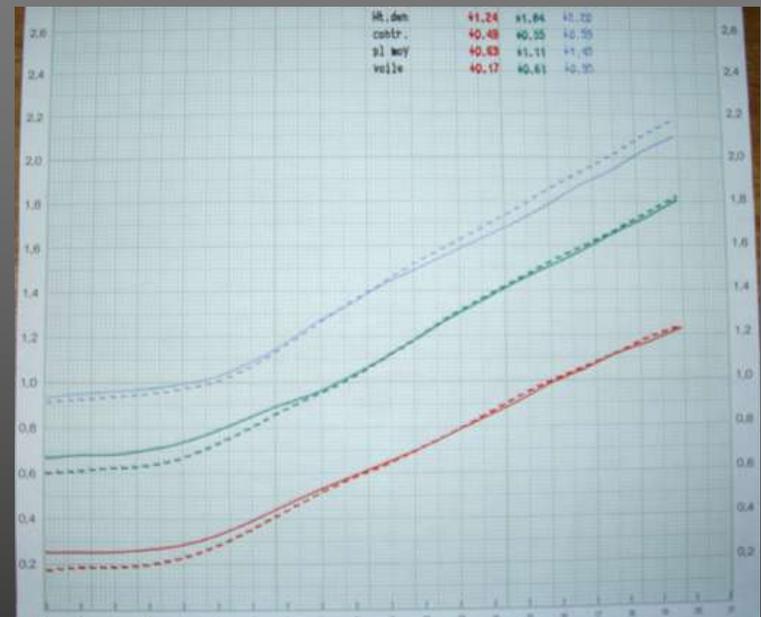


*But recherché : Augmenter la fidélité dans les basses et hautes lumières*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Sensito normal (en pointillé : référence)



Sensito d'une émulsion présentant un problème

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

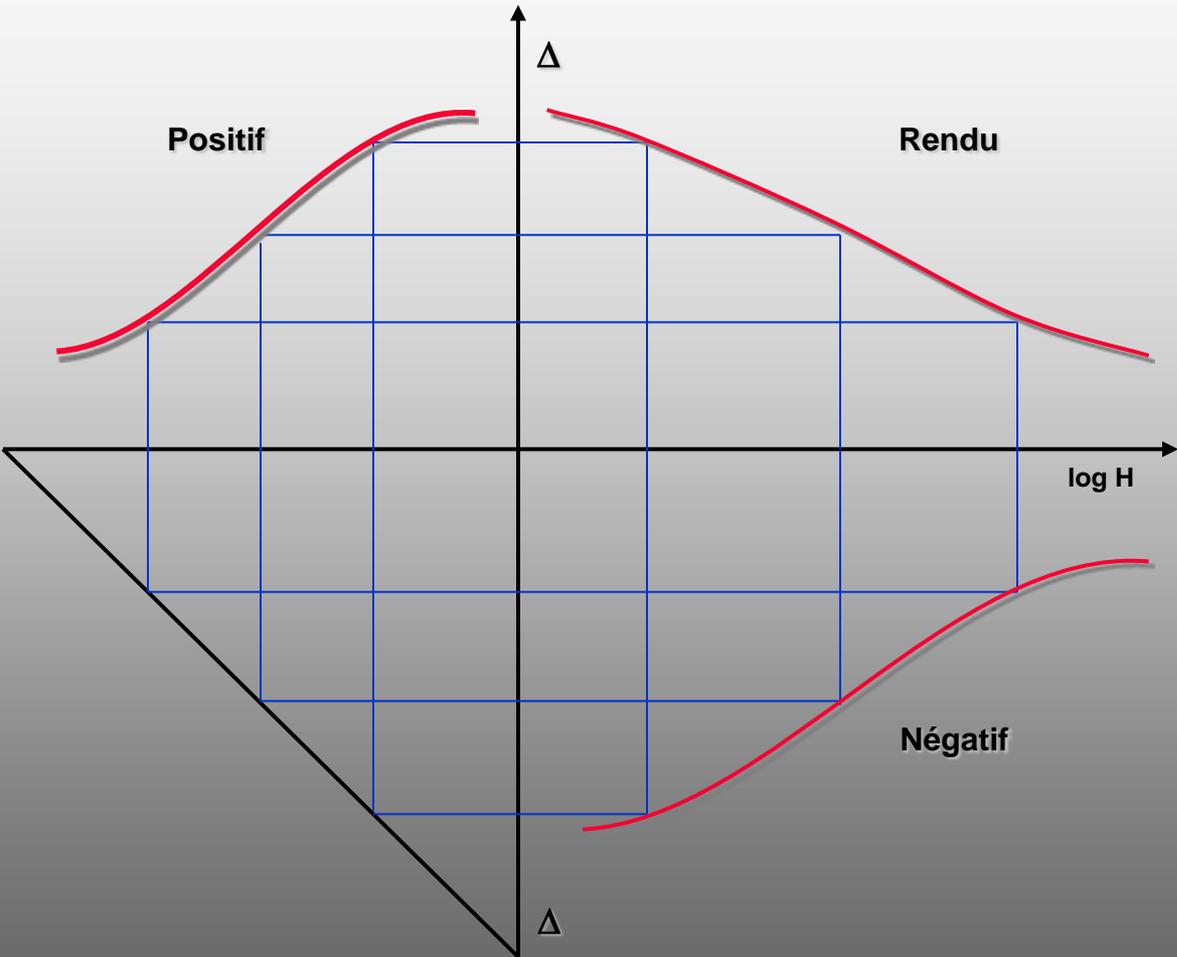


Comparaison de deux sensitogrammes  
**par superposition**  
 (Christian Boggi, responsable chimie-  
 sensitométrie du laboratoire Eclair)



Comparatif d'un sensito « **normal** »  
 et d'un sensito « **sans blanchiment** »

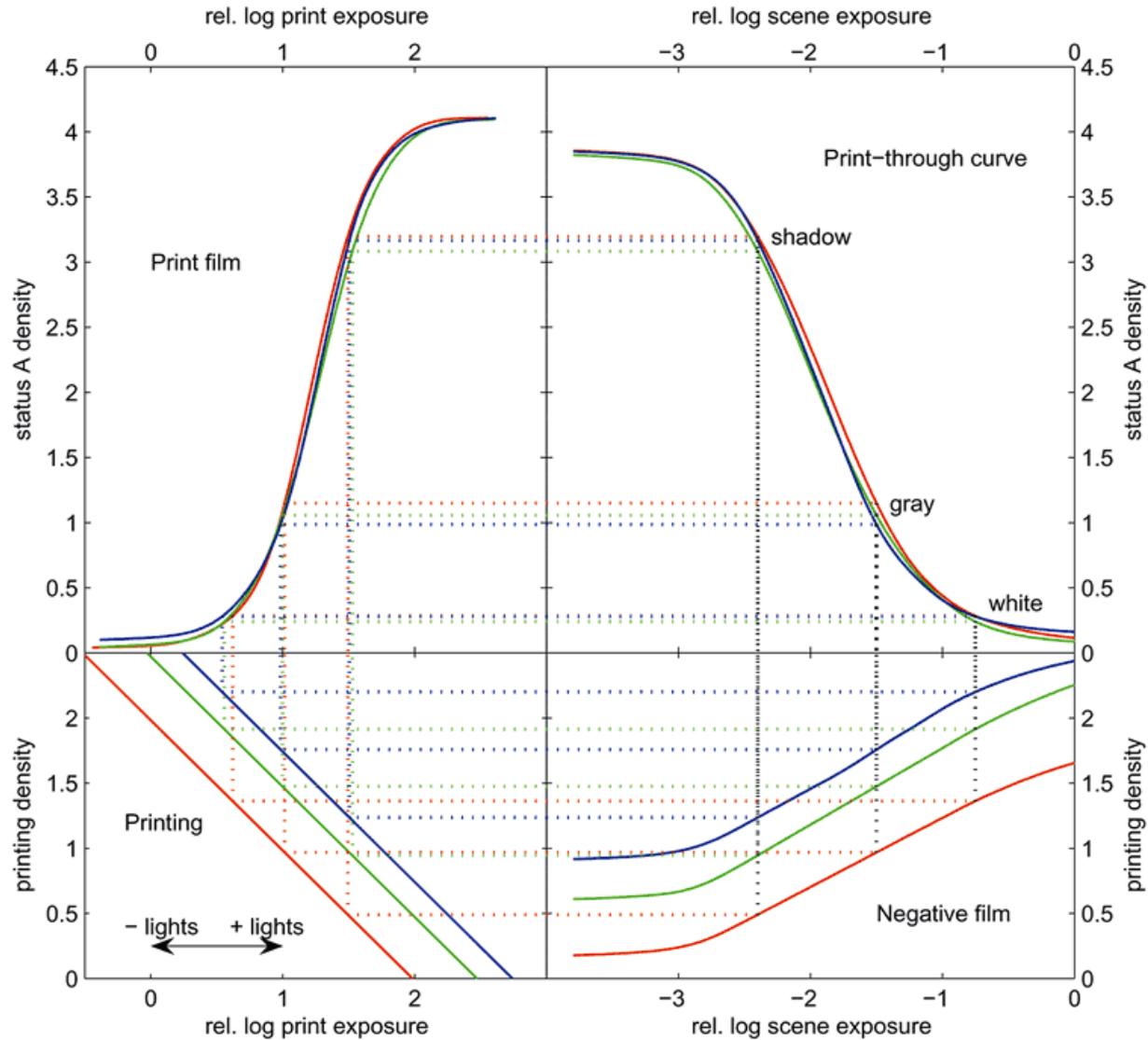
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



Graphe de Jones

Principe

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



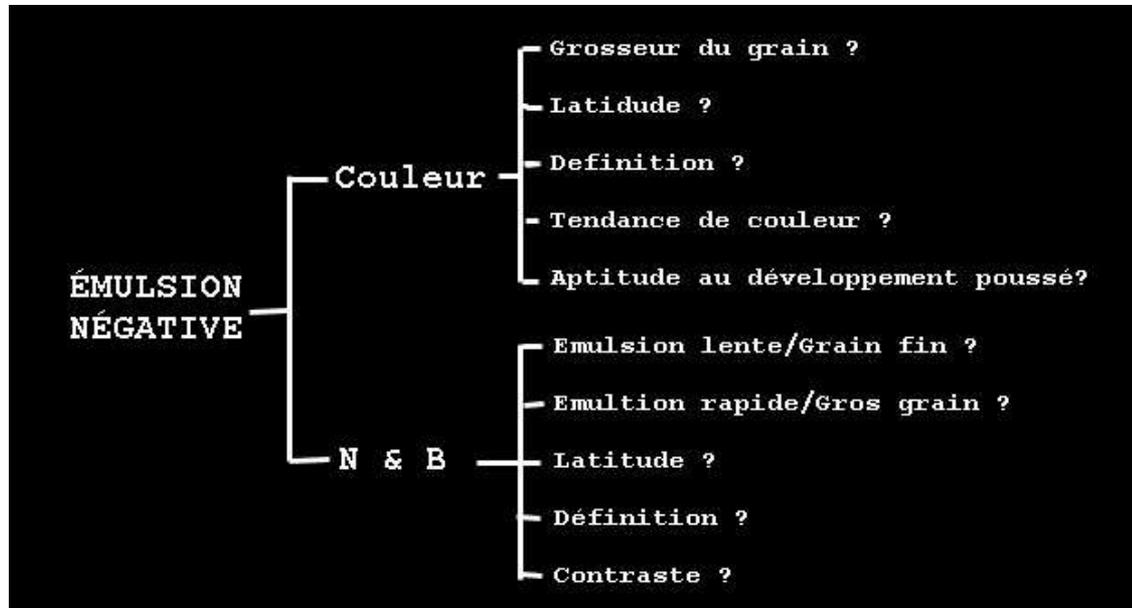
Grappe  
de Jones

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## 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

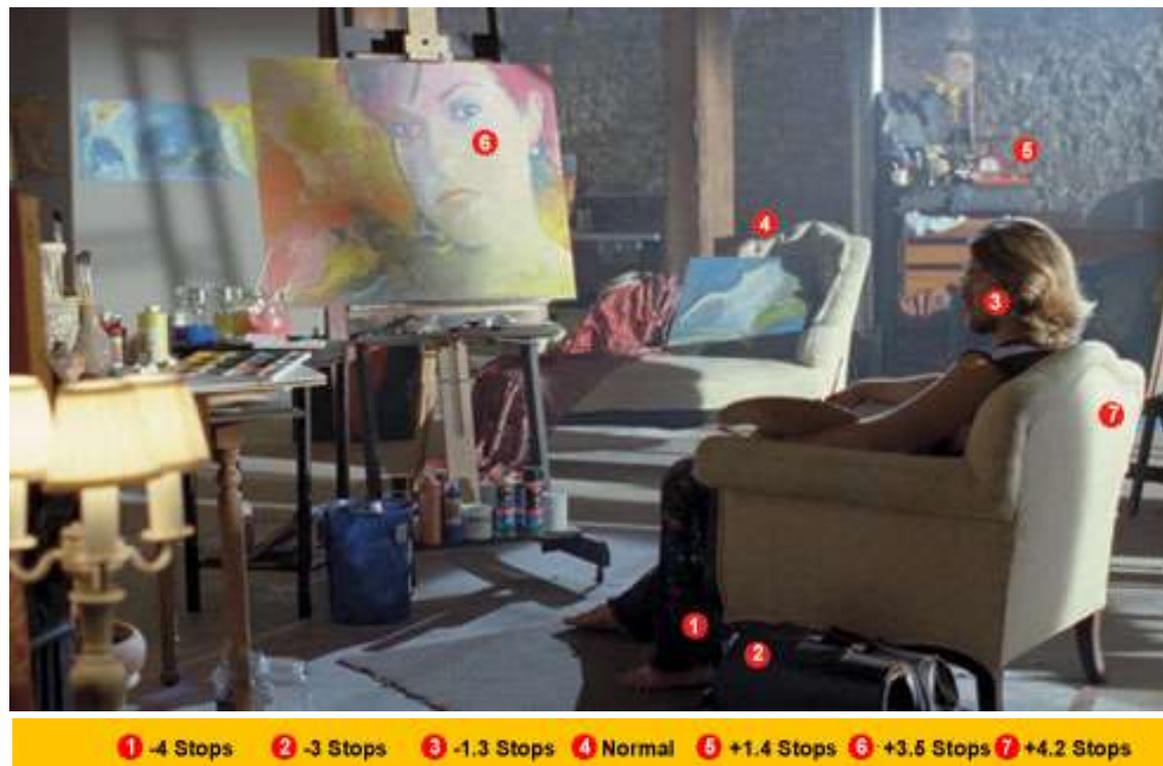
- Balance de couleur
- Latitude de pose
- Transfert d'image (négatif/positif, négatif/inter/inter/positif)
- Pouvoir résolvant / Fonction de transfert de modulation
- Granulation / Granularité
- Netteté / Acutance
- Définition
- etc.



# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Le choix des émulsions

### Test sur 5218 :



*Lens: 32 mm ZEISS Ultra Prime Lens*

*Filter: None   Aperture: T 2.8   Tungsten 2950K   Incident Light Levels :*

*Key = T 2.8 (20 fc)   Fill = T 1.3 (4 fc)   Backlight = T 5.0 (64 fc)*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Essais de Keylight et de contraste

# KEYLIGHT

ECART D'EXPOSITION >> -4 / +5

---

CAMERA: Aaton LTR Prod/ S16

CADENCE: 25i/s (Ouverture obturateur: 180°)

FORMAT: "1,33" (1,37)

Objectif: Angénieux 9,5/57 mm

Focale: 16 mm

Pellicule(s): 250D (Kodak - 7246)

Filtre(s): -

INA > 11 / 06 / 04



*Travail effectué par Arnaud Faure, stage Super 16 INA-2004*

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Étalonnage

### Élimination des dominantes



Tirée sans précaution spéciale, l'image positive couleur présente presque toujours une dominante qui peut avoir diverses origines.

Le négatif présente lui-même une dominante pouvant provenir soit d'une légère différence de sensibilité entre les trois couches, soit pour la prise de vues d'un éclairage de composition spectrale différente de celle prévue pour l'équilibrage des sensibilités chromatiques respectives des émulsions.

En cinéma, on utilise le filtrage additif pour corriger les dominantes. L'analyse des densités d'un gris neutre à 18% sans aucune dominante sera **R 0,80 V 1,20 B 1,60**, les valeurs d'étalonnage seront **25 25 25**

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

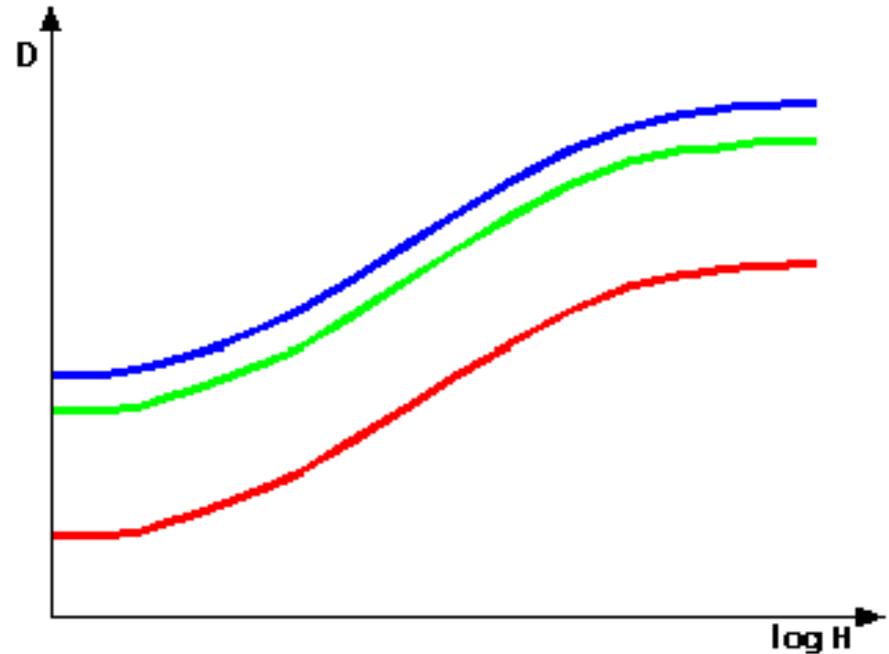
## Étalonnage

### Élimination des dominantes

Certaines dominantes sont intrinsèques aux émulsions, d'autres sont dues soit à un défaut de correction de température de couleur à la prise de vues soit à une mauvaise correction au tirage.

Il existe deux types de dominantes.

Le premier se caractérise par un simple décalage d'une des courbes sensitométriques par rapport aux deux autres.



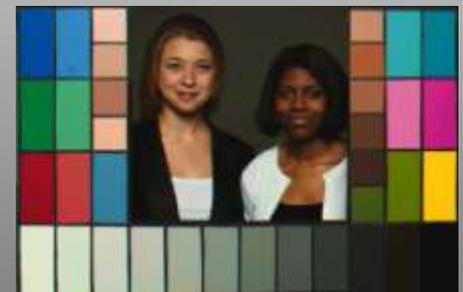
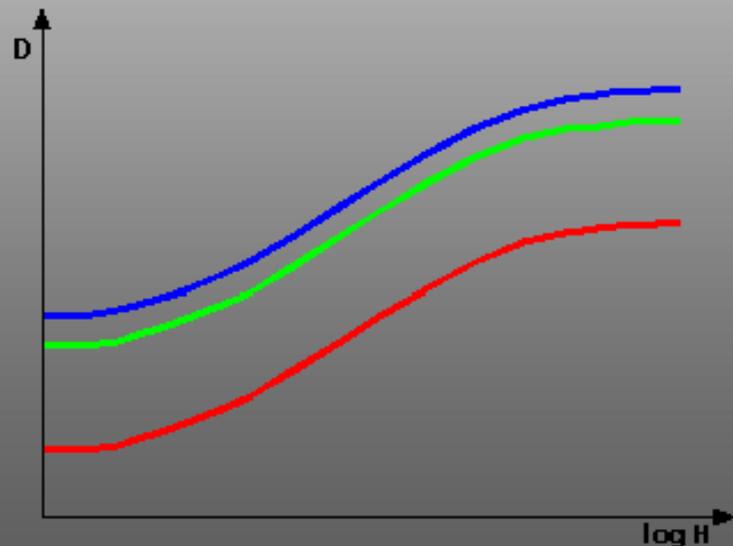
# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Étalonnage

### Élimination des dominantes

Supposons, par exemple, que la courbe ROUGE - CYAN d'un négatif soit nettement décalée vers le bas par rapport aux deux autres. Cela signifie que l'image CYAN a une trop faible densité. Elle n'absorbera donc pas suffisamment les rayons rouges au moment du tirage. Si la lumière ROUGE de tirage n'est pas limitée, elle impressionnera trop la couche ROUGE du positif et l'image CYAN qui s'y formera sera trop dense.

A la projection du positif, le ROUGE sera trop absorbé et l'image présentera une dominante CYAN.



25 25 25

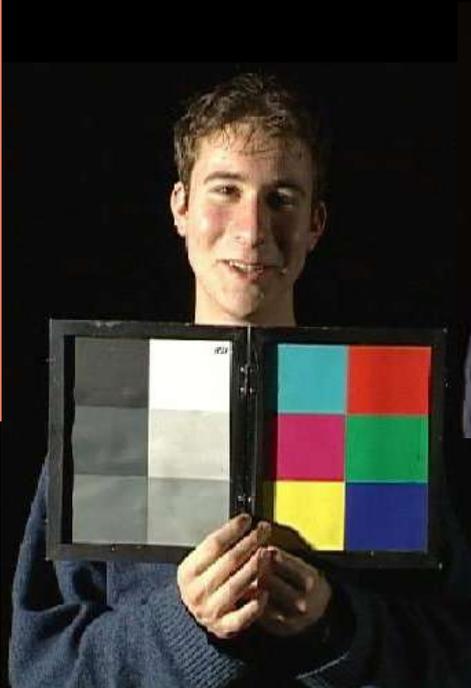
Lumières de tirage : 21 25 25

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

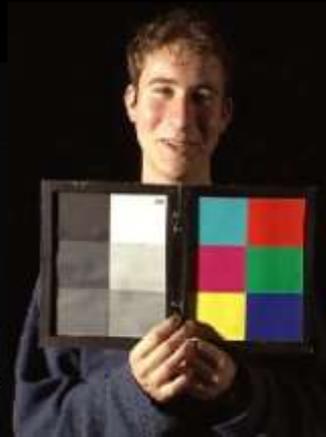
## Lumières de tirage



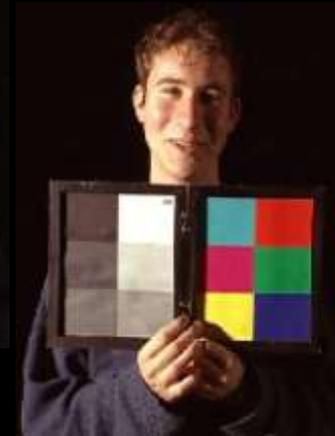
*négatif*



25 25 25



21 25 25  
ou  
25 29 29



17 25 25  
ou  
25 33 33



13 25 25  
ou  
25 37 37

Plage 11 (valeur approchée  $\pm 0,15$  : **R 0,80 V 1,20 B 1,60**)  
valeur d'étalonnage correspondante à ces 3 densités 25.25.25

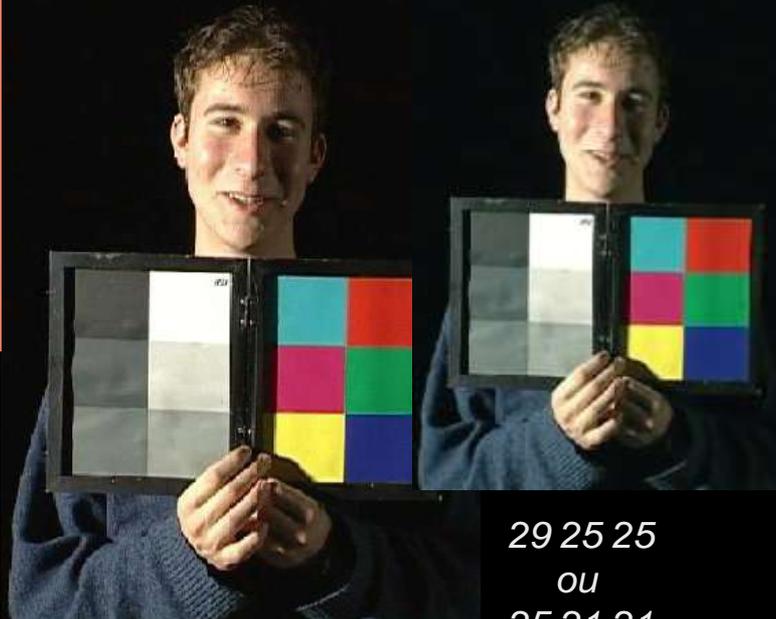
**1 pt étalonnage = 0,025 LOG L et densité**  
**4 pts étalonnage = 0,10 LOG L et densité**  
**12 pts étalonnage = 0,30 LOG L et densité**

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

## Lumières de tirage

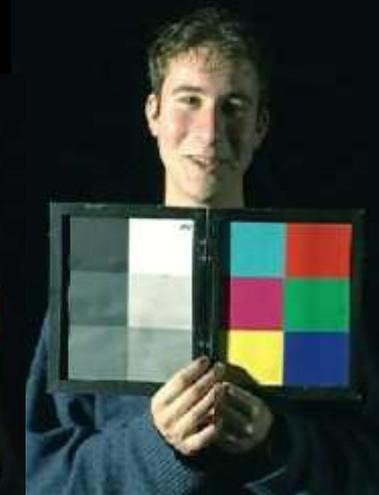


*négatif*

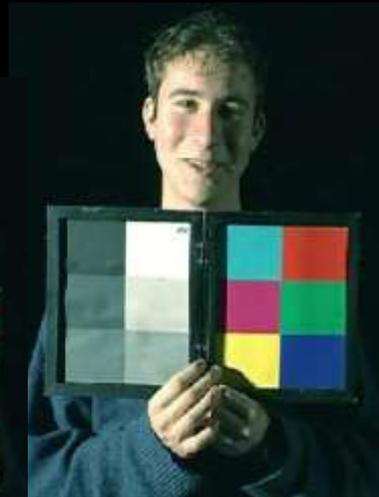


29 25 25  
ou  
25 21 21

25 25 25



33 25 25  
ou  
25 17 17



37 25 25  
ou  
25 13 13

Plage 11 (valeur approchée  $\pm 0,15$  : **R 0,80 V 1,20 B 1,60**)  
valeur d'étalonnage correspondante à ces 3 densités 25.25.25

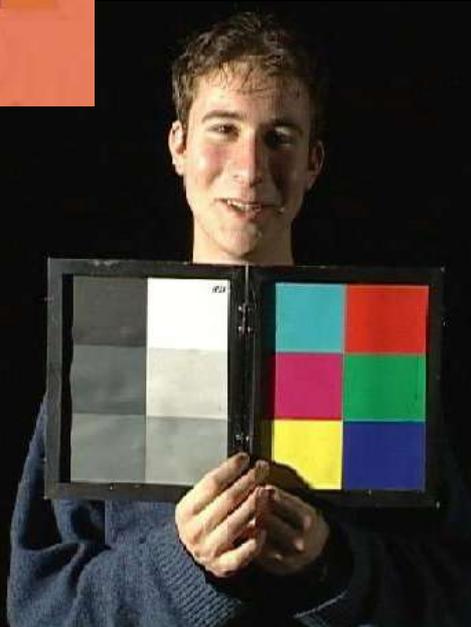
**1 pt étalonnage = 0,025 LOG L et densité**  
**4 pts étalonnage = 0,10 LOG L et densité**  
**12 pts étalonnage = 0,30 LOG L et densité**

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

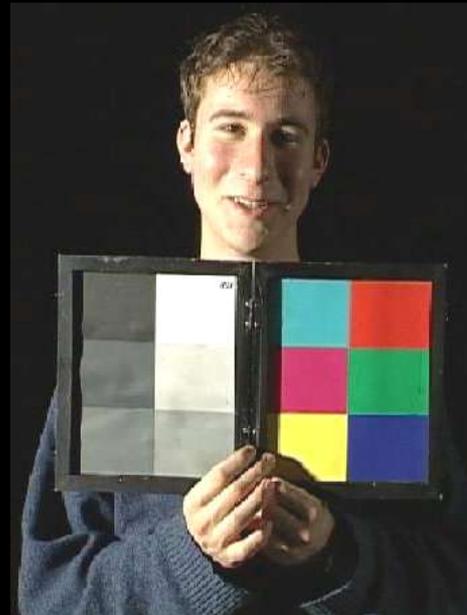
## Lumières de tirage



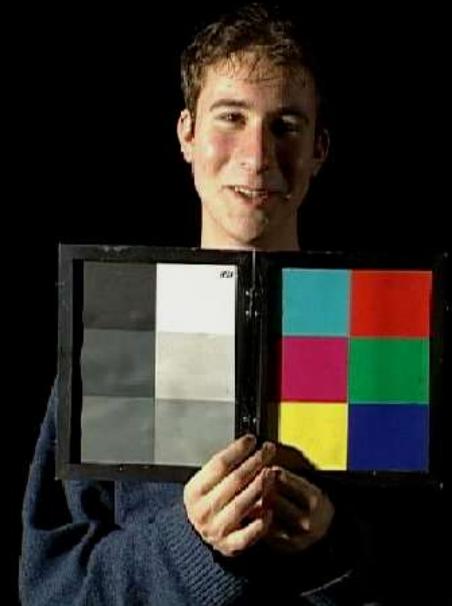
*négatif*



25 25 25



- dense 17 17 17



+dense 33 33 33

1 pt étalonnage = 0,025 LOG L et densité  
4 pts étalonnage = 0,10 LOG L et densité  
12 pts étalonnage = 0,30 LOG L et densité

# L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE

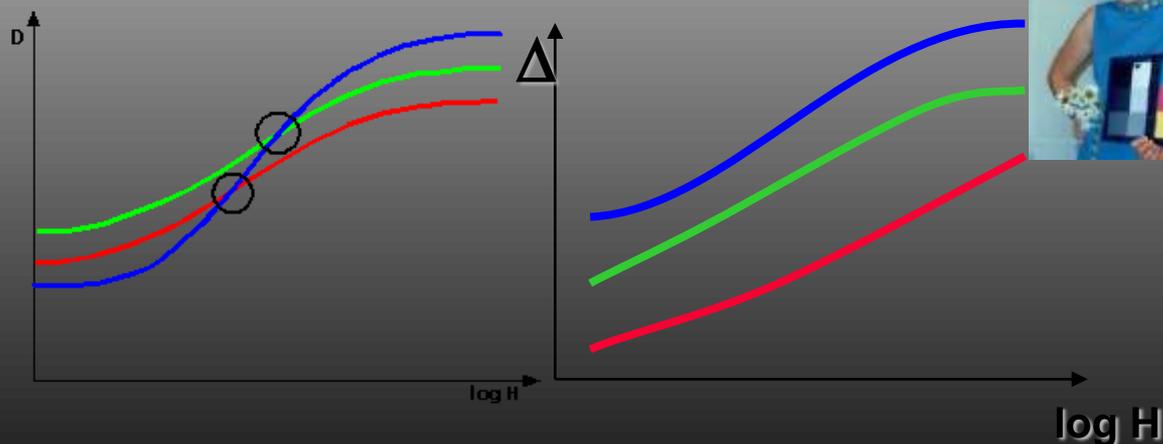
## Étalonnage

Le deuxième type de dominante se caractérise par le croisement (ou par un manque de parallélisme) des courbes correspondant à chacune des couleurs fondamentales. On voit que la dominante n'est pas la même dans le pied et dans l'épaule des courbes. Un tel défaut dépend exclusivement de l'émulsion et il n'est pas possible d'y remédier.

Au tirage, on pourra tout au plus assurer une translation de la courbe R, modifier les points d'intersection des courbes et **réaliser l'équilibre chromatique pour une densité déterminée.**

**De toute manière, il y aura toujours dans le positif, une dominante CYAN dans les ombres et une dominante ROUGE dans les zones plus claires.**

Ce défaut intrinsèque était assez courant autrefois. On ne le constate plus guère aujourd'hui sauf pour les **émulsions périmées.**



# Tirage des copies

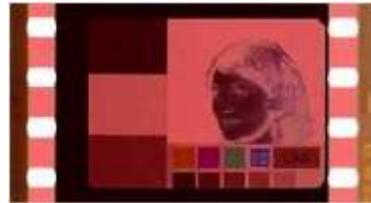
- Négatif couleur



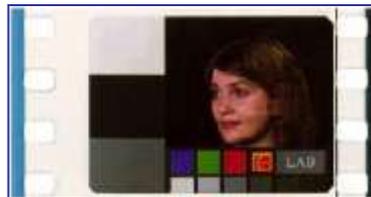
- Interpositif



- Internégatif

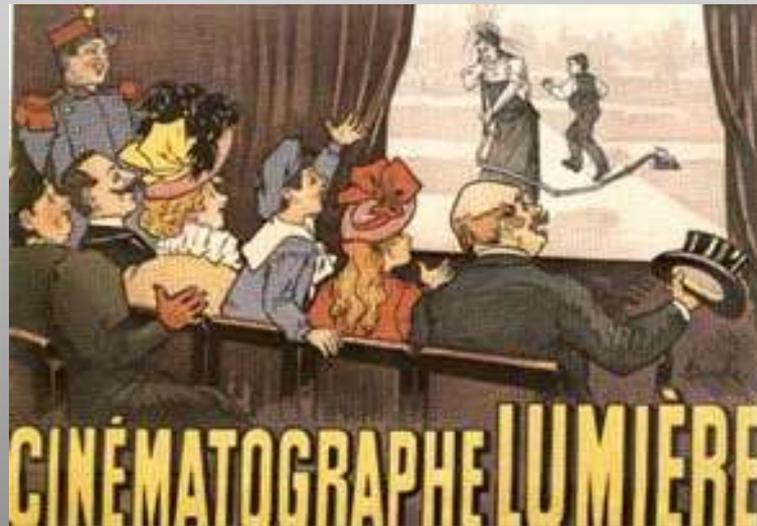


- Copie positive



*Tête de femme*

# RECEPTEUR L'EMULSION PHOTOGRAPHIQUE



EXTRAITS DU COURS

« LA PRISE DE VUES CINÉMATOGRAPHIQUE ET VIDEO MONOCAMERA »