

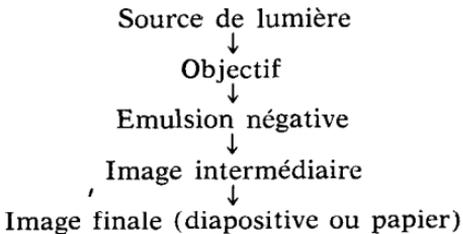
## Densitométrie monochrome

par L. GAUDART,

*U.E.R. de Physique - Université de Provence*  
Place Victor-Hugo, 13331 Marseille Cedex 3.

### I. QU'EST-CE QUE LA DENSITOMETRIE ?

La photographie fait appel à pratiquement toutes les branches de la physique. L'optique constitue le lien le plus évident entre la photographie et la physique, que ce soit l'optique géométrique dans le cas des objectifs, la diffraction pour l'obtention d'effets spéciaux ou la polarisation lors de l'utilisation de filtres. Mais en fait, à part les ingénieurs spécialisés dans la fabrication d'objectifs, la connaissance de l'optique n'est pas fondamentale pour l'utilisateur de la photographie. Il a besoin de connaître les quelques relations fondamentales qui interviennent, par exemple, lors d'un cadrage, du choix d'un objectif, du calcul d'un facteur de prolongation du temps de pose ou d'une profondeur de champ. Et cette connaissance est suffisante. La photographie fait aussi appel à l'électronique (cellule, dispositif d'affichage numérique, flash,...), à la mécanique (obturateur, déclenchement automatique,...). Mais dans ces domaines, l'utilisateur est passif et ne fait qu'appliquer les règles établies par le fabricant. Par contre, l'utilisateur peut intervenir — et souvent avec beaucoup de succès — au niveau de l'éclairage et au niveau des qualités physiques des émulsions. Il entre alors dans le domaine de la *sensitométrie*. La *sensitométrie* est l'étude des grandeurs physiques qui interviennent dans la chaîne :



La *sensitométrie* se situe entre la photométrie et la chimie photographique. Elle classe et décrit l'importance relative des diverses grandeurs qui interviennent en photographie. Elle permet à l'utilisateur d'éviter des résultats défectueux et des tâton-

nements fastidieux. Elle met à sa disposition tout l'éventail des possibilités d'un matériel photographique et permet un contrôle efficace de la qualité.

La *densitométrie* constitue une part importante de la sensito-métrie. Elle traite plus spécialement des émulsions sensibles. A partir de grandeurs fondamentales, la densitométrie analyse, mesure et compare les caractéristiques des émulsions. La grandeur fondamentale utilisée est la densité optique. La densito-métrie est donc la mesure des densités et l'étude de leurs varia-tions. Ansel ADAMS, photographe américain, créateur d'une mé-thode de réalisation de photographies en noir et blanc appelée « Zone System », a pu écrire avec justesse : « Le photographe ne peut éviter les applications des résultats fondamentaux de la sensito-métrie ». Certains phographe ajoutent : « Une bonne pho-tographie n'est jamais un accident. Elle commence par un bon négatif et finit par un bon positif : c'est toujours une perfor-mance à réaliser ». Seule, une bonne connaissance de la densito-métrie permet de réaliser une bonne image. Non seulement, cela permet de choisir la meilleure émulsion relativement à l'image que l'on veut faire, mais cela permet aussi de tirer le maximum des qualités et des défauts de cette émulsion. Nous ne parlerons ici que de la densitométrie monochrome, c'est-à-dire celle qui étu-die les émulsions noir et blanc.

## II. DENSITE OPTIQUE.

### 1. Grandeurs lumineuses.

Nous ne traiterons que les grandeurs photométriques qui intéressent directement le photographe. Elles sont définies uni-quement pour le spectre visible et font intervenir la courbe de ré-ponse spectrale de l'œil. La grandeur fondamentale est le *flux lumineux*  $\Phi$ . Le flux est la quantité d'énergie lumineuse transpor-tée pendant l'unité de temps. L'unité est le lumen (lu). Le flux lumineux est défini de telle façon qu'un même flux  $\Phi$ , pris dans des couleurs différentes provoque le même effet sur l'œil. Comme le maximum de sensibilité de l'œil se situe dans le vert-jaune ( $\lambda = 556$  nm), un flux lumineux  $\Phi$  pris dans le rouge correspond à une puissance lumineuse (en watt) supérieure à celle d'un même flux  $\Phi$  pris dans le vert. Par la suite, nous considérerons la lumière blanche sans faire de distinction entre les couleurs.

Lorsqu'une surface reçoit un flux incident  $\Phi_i$ , elle en trans-met une partie  $\Phi_t$ , en absorbe une partie  $\Phi_A$  et en réfléchit une partie  $\Phi_R$  (fig. 1).

Le rapport  $T = \frac{\Phi_R}{\Phi_i}$  est appelé coefficient de transmission

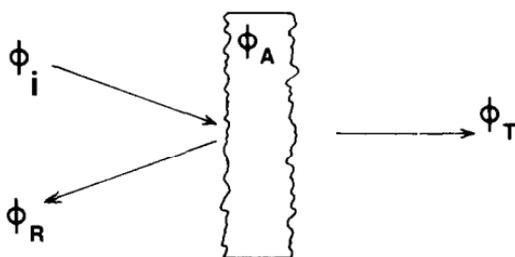


Fig. 1. — Interaction d'un flux lumineux avec une surface.

ou transmittance. Le rapport  $R = \frac{\Phi_R}{\Phi_i}$  est appelé coefficient de réflexion ou réflectance.

Le milieu peut transmettre le flux  $\Phi_T$  de deux manières différentes. La transmission peut conserver la forme des faisceaux : les rayons réfractés et transmis vérifient les lois de DESCARTES. On dit qu'il y a *transmission spéculaire*. C'est le cas d'un matériau transparent homogène (fig. 2).

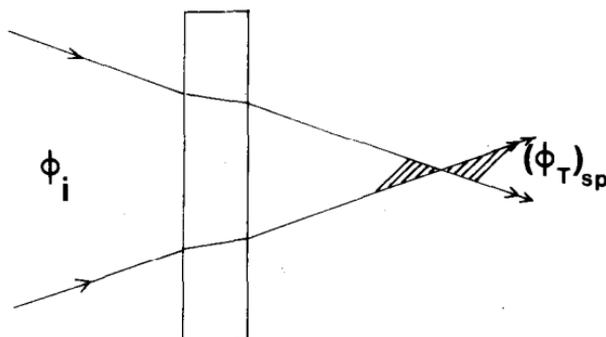


Fig. 2. — Transmission à travers un milieu transparent homogène.

La transmission peut aussi se faire par diffusion de la lumière (fig. 3). Cette diffusion est due à une inhomogénéité du milieu. Il y a deux transmittances :

— la transmittance spéculaire :

$$T_{sp} = \frac{(\Phi_T)_{sp}}{\Phi_i}$$

où  $(\Phi_T)_{sp}$  est le flux réfléchi spéculairement. C'est celle que l'on a coutume d'appeler transmittance ;

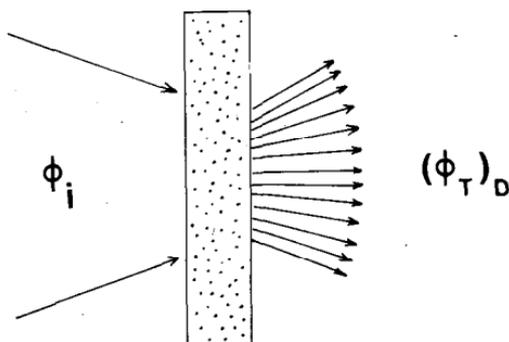


Fig. 3. — Transmission à travers un milieu diffusant.

— la transmittance diffuse :

$$T_D = \frac{(\Phi_T)_D}{\Phi_i}$$

où  $(\Phi_T)_D$  est le flux diffusé.

Dans le cas des films négatifs ou des diapositives, la transmission spéculaire est beaucoup plus importante que la transmission diffuse.

De même, la réflexion peut se faire sous deux formes. Si les rayons sont réfléchis suivant les lois de DESCARTES, la réflexion est dite spéculaire. Sinon la réflexion est diffuse (fig. 4). Cette diffusion est due aux rugosités microscopiques de la surface.

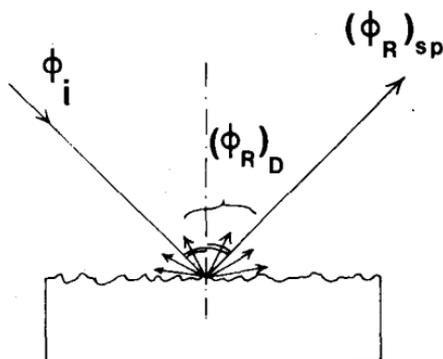


Fig. 4. — Réflexion par une surface.

Il existe donc deux réflectances :

— la réflectance spéculaire :

$$R_{Sp} = \frac{(\Phi_R)_{Sp}}{\Phi_i}$$

— la réflectance diffuse :

$$R_D = \frac{(\Phi_R)_D}{\Phi_i}$$

La réflectance diffuse était autrefois appelée l'albedo de la surface. Sa valeur dépend de l'angle d'incidence. Elle est calculée à partir de la mesure du flux diffusé à 45°, le flux incident étant normal à la surface. Expérimentalement il est très difficile de séparer ces deux types de réflexion. En particulier, la réflexion diffuse est très importante dans le cas des papiers photographiques mats ( $R_D \simeq 0,77$  ;  $R_{Sp} \simeq 0,003$ ).

## 2. Densité optique.

L'œil qui observe un film transparent ou un papier photographique voit un ensemble de gris allant du transparent (ou blanc) au noir. Il faut donc définir une grandeur physique qui, d'une part, rende compte de la variation de ces gris, et d'autre part qui soit identique pour les films et les papiers. Cette grandeur est l'opacité  $O$ . Par définition, on pose :

— pour les films :  $O = \frac{1}{T}$ ,

— pour les papiers :  $O = \frac{1}{R}$ .

Les normes légales définissent les conditions de mesure de  $R$  et de  $T$  (angle d'incidence, ouverture des faisceaux,...). L'opacité rend compte d'une manière linéaire de la variation des gris. L'ordre de grandeur de l'opacité est comprise entre 1 et 10 000. En pratique, l'opacité est une grandeur peu commode à employer parce que d'une trop grande précision. En effet, d'après la loi de FECHNER, l'œil n'est sensible qu'aux variations du logarithme de l'éclairement de la rétine. La grandeur physique la plus intéressante est donc la *densité optique*  $d$  (ou densité) :

$$d = \log O.$$

Les valeurs des densités sont comprises entre 0 (transparence totale ou blanc parfait) et 4 (noir photographique profond).

Si l'on a une succession de milieux, la densité de l'ensemble est égale à la somme des densités. Ce théorème est intéressant en particulier lorsque l'on utilise des filtres (filtres gris-neutres Wratten de chez Kodak, par exemple) pour modifier un éclairage. Chaque milieu est caractérisé par sa transmittance  $T_j$  ou sa densité  $d_j$  (fig. 5). Supposons qu'il y ait  $n$  milieux. La densité  $d$  de l'ensemble est :

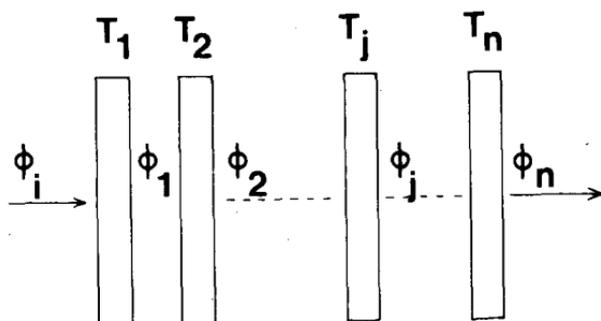


Fig. 5. — Transmittance d'une succession de milieux.

$$d = \log \frac{\Phi_i}{\Phi_n}$$

où  $\Phi_n$  est le flux obtenu après traversée de tous les milieux.

$$\text{La transmittance du milieu } j \text{ est : } T_j = \frac{\Phi_j}{\Phi_{j-1}}.$$

La transmittance de la succession des milieux peut s'exprimer en fonction de chacun des flux :

$$T = \frac{\Phi_n}{\Phi_i} = \frac{\Phi_1}{\Phi_i} \times \frac{\Phi_2}{\Phi_1} \times \dots \times \frac{\Phi_j}{\Phi_{j-1}} \times \dots \times \frac{\Phi_n}{\Phi_{n-1}}$$

$$\frac{\Phi_n}{\Phi_i} = \prod_{j=1}^{j=n} T_j.$$

D'où :

$$\log \frac{\Phi_n}{\Phi_i} = \log \left( \prod_{j=1}^{j=n} T_j \right) = \sum_{j=1}^{j=n} (\log T_j)$$

$$\log \frac{\Phi_i}{\Phi_n} = \sum_{j=1}^{j=n} \left( \log \frac{1}{T_j} \right)$$

$$d = \sum_{j=1}^{j=n} d_j$$

Cette relation demeure vraie dans le cas d'une succession de réflexions.

### III. COURBE DE NOIRCISSEMENT.

#### 1. Exposition.

La deuxième grandeur fondamentale utilisée en photographie est l'éclairement. On appelle éclairement d'une surface le flux lumineux reçu par unité de surface. Si le flux  $\Phi$  est exprimé en lumen et l'aire  $J$  en  $m^2$ , l'éclairement  $E$  est exprimé en lux :

$$E \text{ (lux)} = \frac{\Phi \text{ (lumen)}}{J \text{ (m}^2\text{)}}.$$

La mesure de l'éclairement se fait au moyen d'une cellule, ou, avec une précision meilleure, d'un luxmètre (appareil indispensable dans tout laboratoire photographique). Dans la plupart des cas, le cadran d'une cellule porte des graduations qui sont des indices de lamination. Parfois le fabricant donne un tableau de correspondance entre ces indices et les lux. L'action de la lumière sur une émulsion, encore appelée actinisme, dépend de l'énergie lumineuse reçue par unité de surface. Cette énergie est égale au produit de l'éclairement  $E$  par le temps de pose  $t$ . On définit l'exposition ou lamination  $h$  par la relation :

$$h = \text{Ext} \quad \text{lux-seconde.}$$

La loi de réciprocité, établie par BUNSEN et ROSCOE, indique que, si  $E$  et  $t$  varient de telle sorte que l'exposition soit maintenue constante, le noircissement obtenu est toujours le même :

$$\text{Ext} = \text{constant} \Rightarrow \text{noircissement } d \text{ constant.}$$

En réalité, cette loi n'est qu'une première approximation. Elle est rigoureusement vérifiée à basse température (température de liquéfaction de l'azote). A température ambiante, on peut admettre qu'elle est vraie pour des temps de pose compris entre 0,01 s et 1 s et pour les éclaircissements habituels (pour les films négatifs). En dehors de ce domaine, il faut tenir compte des écarts à la loi de réciprocité (effet SCHWARZSCHILD). Les feuillets techniques des émulsions indiquent les corrections qu'il convient d'apporter au temps de pose ou à l'ouverture du diaphragme lorsque l'on sort de ce domaine.

#### 2. Variation des densités.

La variation du noircissement est décrite par la courbe représentant la variation de la fonction  $d = f(h)$ . Cette courbe est appelée courbe de noircissement ou courbe caractéristique de l'émulsion. La courbe théorique comporte une partie rectiligne encadrée par un pied et une épaule (fig. 6).

Si le film est développé sans être exposé à la lumière, une faible partie des halogénures d'argent noircit. Elle constitue le

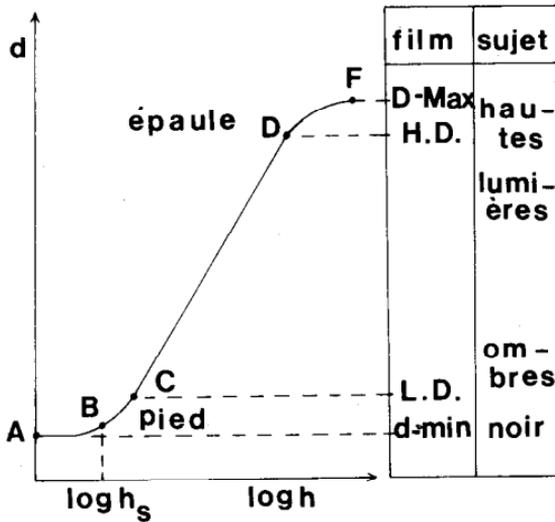


Fig. 6. — Courbe caractéristique théorique d'une émulsion.

*voile de base.* Dans le cas d'un film transparent, il faut ajouter à ce voile l'opacité du support. La densité correspondante porte le nom de densité minimale :

$$h \simeq 0 \Rightarrow d_{min} = d \text{ (support + voile).}$$

Cette densité se traduit par un segment parallèle à l'axe des abscisses, au voisinage du point A. La densité minimale correspond à une augmentation globale et uniforme de la densité.

A partir d'une certaine valeur  $h_s$  de l'exposition, la densité commence à croître. Le point B correspondant est appelé le *seuil* de l'émulsion. Elle correspond à la densité la plus faible qui peut être distinguée du voile de base. La position du seuil est fondamentale pour définir la sensibilité de l'émulsion. Jusqu'au point C, la courbe présente une concavité tournée vers le haut. AC est la région de sous-exposition. Les détails commencent à apparaître dans les ombres du sujet. Mais, pour un même intervalle d'exposition, les densités augmentent moins vite aux environs du point A qu'au point C. Entre les points C et D, la densité varie linéairement en fonction de l'exposition. A temps de pose constant, il y a alors linéarité entre les éclaircissements reçus du sujet et les gris de l'image. C'est la région d'exposition correcte. L'ordonnée du point C s'appelle L.D. (Low density). Celle du point D s'appelle H.D. (High density). Entre D et F, on a la région de surexposition. La densité atteint une valeur maximale D-Max qui correspond au noircissement de base. Dans le cas des films

négatifs, cette valeur ne joue pas de rôle important. Mais, pour les émulsions positives, la qualité du noir influence l'aspect de l'image. Sur ce domaine, la densité de l'image est très comprimée dans les hautes-lumières.

Les courbes caractéristiques réelles se rapprochent plus ou moins de la courbe théorique. Il arrive que la partie centrale ne soit pas rectiligne. Cela est vrai, en particulier, pour les papiers (fig. 7).

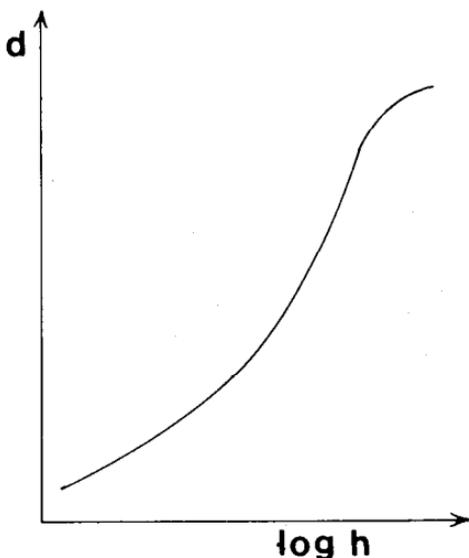


Fig. 7. — Courbe caractéristique d'un papier.

L'obtention d'une bonne image est conditionnée par deux paramètres fondamentaux : la forme de la courbe caractéristique et sa pente moyenne.

#### IV. $\gamma$ D'UNE EMULSION NEGATIVE.

##### 1. **Contraste du sujet et contraste de l'image.**

Le sujet renvoie une partie des rayons lumineux provenant de la source de lumière, en direction de l'émulsion. Les rayons provenant de la source sont plus ou moins bien réfléchis suivant les différentes parties du sujet. L'émulsion recevra donc des éclaircissements différents suivant les zones du sujet. Considérons deux de ces zones, d'éclaircissement respectif  $E_1$  et  $E_2$ . On appelle *contraste sensitométrique du sujet* (ou encore étendue du sujet) la différence :

$$\Delta(\log E) = \log E_2 - \log E_1.$$

Ce contraste du sujet est rendu par le contraste de l'image, c'est-à-dire par la différence des densités :

$$\Delta d = d_2 - d_1.$$

Pour que l'image soit bonne, il faut qu'elle rende fidèlement les variations de contraste du sujet. Soient deux intervalles  $\Delta(\log h)_1$  et  $\Delta(\log h)_2$  et leurs homologues  $\Delta d_1$  et  $\Delta d_2$ . Pour un temps de pose donné,  $\Delta(\log h)$  représente le contraste du sujet. L'image sera fidèle si :

$$\forall h \quad \Delta(\log h)_1 = \Delta(\log h)_2 \Rightarrow \Delta d_1 = \Delta d_2.$$

Ce qui revient à écrire :

$$\frac{\Delta d_1}{\Delta(\log h)_1} = \frac{\Delta d_2}{\Delta(\log h)_2} = \text{constante.}$$

Par définition, cette constante s'appelle le  $\gamma$  de l'émulsion :

$$\gamma = \frac{\Delta d}{\Delta(\log h)}.$$

La zone de la courbe caractéristique qui correspond à une image correcte est donc la partie centrale rectiligne. Si les axes sont orthonormés, on a :  $\gamma = \text{tg } \alpha$  (fig. 8). La connaissance du  $\gamma$  d'une émulsion est donc fondamentale si l'on veut avoir la maîtrise de l'image. C'est pour cette raison que les feuillets tech-

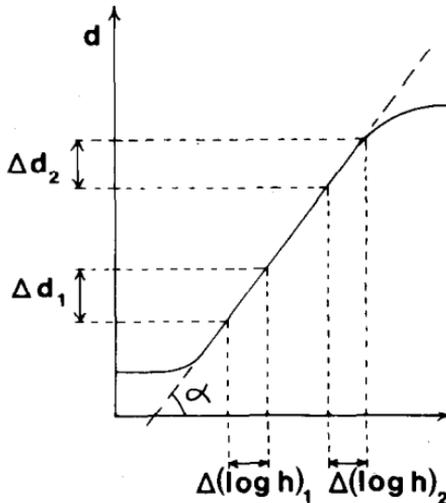


Fig. 8. — Contrastes du sujet et de l'image photographique.

niques qui indiquent les qualités d'une émulsion donnent toujours le  $\gamma$  et ses variations. Cela est vrai aussi bien pour Ilford, Agfa ou Kodak. Lorsque la courbe caractéristique ne présente pas de partie rectiligne, le  $\gamma$  donné est une valeur moyenne. Suivant la manière dont cette valeur est calculée, on a le gradient moyen, le facteur de contraste ou l'indice de contraste.

## 2. Rôle du $\gamma$ .

Il est plus commode de raisonner sur le  $\gamma$ , mais les résultats qui suivent s'appliquent aussi à toute grandeur analogue (gradient moyen, facteur de contraste,...). La variation du  $\gamma$  entraîne une modification du contraste de l'image. Considérons en effet deux courbes de noircissement (fig. 9) et  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  leur  $\gamma$  respectif.

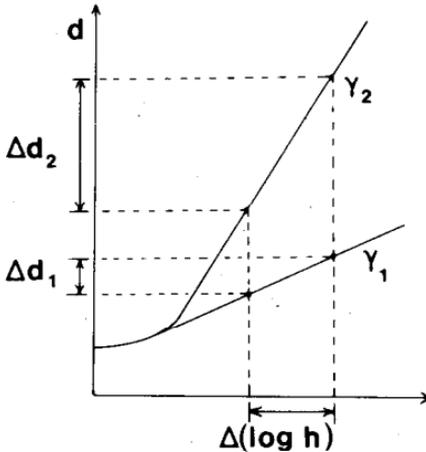


Fig. 9. — Influence du  $\gamma$  sur le contraste de l'image.

Pour un même contraste du sujet  $\Delta(\log h)$ , il y aura deux contrastes de l'image  $\Delta d_1$  et  $\Delta d_2$  différents, et :

$$\gamma_1 < \gamma_2 \Rightarrow \Delta d_1 < \Delta d_2.$$

Le contraste de l'image varie dans le même sens que le  $\gamma$  de l'émulsion.

Si :  $\gamma < 1$  : le contraste de l'image est plus faible que le contraste du sujet. L'émulsion est *douce* ;

$\gamma = 1$  : l'émulsion est *normale* ;

$\gamma > 1$  : le contraste de l'image est plus important que celui du sujet. L'émulsion est *dure*.

## V. VARIATIONS DU $\gamma$ D'UNE EMULSION NEGATIVE.

### 1. Influence de la durée de développement : courbes $\gamma$ -temps.

Si le temps de développement  $\vartheta$  du négatif dans le révélateur varie, on observe une modification de la courbe caractéristique (fig. 10). Le  $\gamma$  augmente avec le temps  $\vartheta$ .

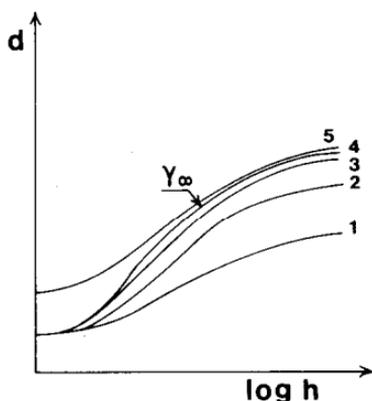
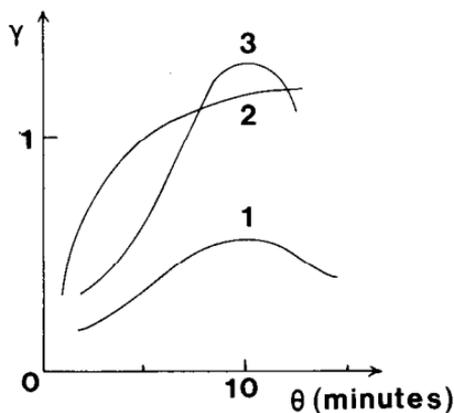


Fig. 10. — Influence de la durée de développement sur les courbes caractéristiques.

Pour deux intervalles de temps identiques, l'augmentation du  $\gamma$  est forte au début (courbes 1, 2 et 3). Puis le  $\gamma$  atteint une valeur limite :  $\gamma_{\infty}$  (courbe 4). La durée de développement n'a alors plus d'influence sur la densité maximale de l'image. Tous les halogénures d'argent insolés ont été réduits en argent métallique. On dit alors que l'on a développé à fond. Si la durée de développement est beaucoup plus grande que celle du  $\gamma_{\infty}$ , le voile augmente fortement (fig. 10 : courbe 5). Il s'ensuit une diminution du  $\gamma$  et du contraste de l'image. Dans le cas d'une émulsion négative, il n'est donc pas souhaitable de dépasser la durée de développement à fond. La modification de la durée de développement est particulièrement intéressante pour obtenir une bonne image. Elle permet, par exemple, d'augmenter le contraste (sujet peu contrasté) ou de le diminuer (sujet trop contrasté). Aussi les notices techniques des émulsions indiquent, pour un révélateur donné, les variations  $\gamma = f(\text{temps de développement})$  (fig. 11). La courbe 1 correspond à une émulsion douce ; la courbe 2 à une émulsion normale et la courbe 3 à une émulsion dure.

### 2. Influence de la dilution du révélateur.

Supposons que, pour un  $\gamma$  donné, la dilution de  $n$  unités de révélateur dans  $n_e$  unités d'eau, corresponde à une durée de

Fig. 11. — Courbes  $\gamma$ -temps.

développement  $\vartheta_1$ . Si l'on double la dilution et si l'on veut conserver le même  $\gamma$ , le temps de développement  $\vartheta_2$  doit être augmenté :

$$n \text{ dans } n_e, \vartheta_1 \Rightarrow \gamma$$

$$n \text{ dans } 2 \times n_e, \vartheta_2 \Rightarrow \gamma, \vartheta_2 > \vartheta_1.$$

Il n'y a pas de relation quantitative entre la variation de la dilution et la variation de  $\vartheta$ . On a, en général :

$$\vartheta_1 < \vartheta_2 < 2 \times \vartheta_1.$$

### 3. Influence de la température du révélateur.

Une variation de température du révélateur modifie la vitesse des réactions chimiques et par conséquent le développement. Le  $\gamma$  est une fonction croissante de la température  $t$ . Pour un  $\gamma$  donné, le temps de développement est une fonction exponentielle de cette température :

$$\text{à } \gamma \text{ constant : } \quad \vartheta = ae^{-bt}$$

où  $a$  et  $b$  sont des constantes ;

$$t = \frac{\log a}{b \log e} - \frac{1}{b \log e} \log \vartheta$$

$$\text{et : } \quad t = c_1 - c_2 \log \vartheta$$

$c_1$  et  $c_2$  sont deux constantes caractéristiques de l'émulsion.

En général, les variations  $t = f(\vartheta)$  sont représentées en coordonnées semi logarithmiques (fig. 12).

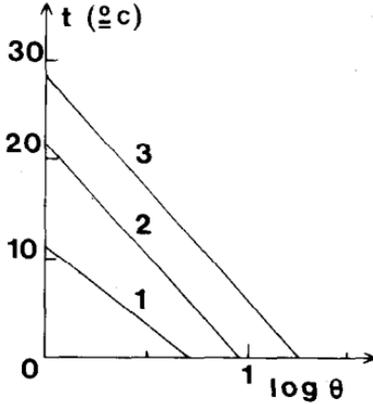


Fig. 12. — Courbes  $t = f(\log t)$  conservant le  $\gamma$  constant pour trois émulsions différentes;  $t$  est exprimé en minutes.

#### VI. SENSIBILITE DES EMULSIONS NEGATIVES.

Depuis la découverte de la photographie, il y a eu environ une dizaine de manières de déterminer la sensibilité d'un film (degré Scheiner, Hurter et Driffeld,...). La convention internationale actuelle est fondée sur le critère de densité choisie. La sensibilité est calculée à partir du seuil B de la courbe caractéristique (fig. 6). Pour déterminer ce seuil, on fixe une densité. Mais, pour chaque émulsion, on a vu qu'il y avait plusieurs courbes caractéristiques. Or, à chaque émulsion, il ne doit correspondre qu'une seule sensibilité intrinsèque (ou nominale). La norme internationale doit donc fixer le choix de la courbe caractéristique sur laquelle ce seuil doit être pris. Pour cela, on définit les deux points B et D (fig. 13) par les conditions suivantes :

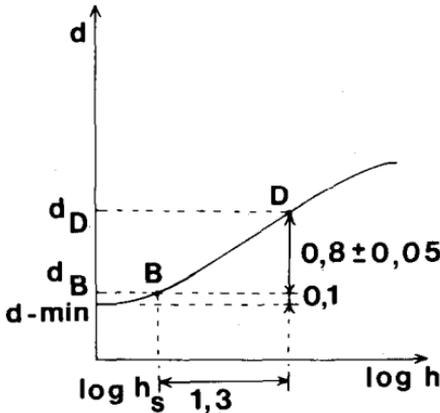


Fig. 13. — Sensibilité intrinsèque d'une émulsion.

— la densité du seuil B est :

$$d_B = d_{min} + 0,1$$

— l'abscisse de D est :

$$(\log h)_D = (\log h)_B + 1,3$$

— la densité de D est :

$$d_D = d_B + 0,80 (\pm 0,05).$$

La composition du révélateur et celle du fixateur sont exactement définies. On fait alors varier la durée de développement jusqu'à ce que l'on obtienne la courbe caractéristique qui vérifie les conditions précédentes. Si  $h_S$  est l'exposition au seuil B, la sensibilité d'une émulsion est définie par la relation :

$$S = \frac{k}{h_S}$$

En 1960, l'American Standard Association a défini la sensibilité ASA en posant  $k = 0,8$ . En 1974, l'International Standard Organization a repris cette définition. La sensibilité ISO d'une émulsion est donc :

$$S(\text{ISO}) = \frac{0,8}{h_S}$$

C'est la sensibilité nominale ou intrinsèque de l'émulsion. Elle est donnée par le fabricant. En pratique, les nombres qui mesurent les sensibilités ISO sont arrondis de telle sorte qu'ils correspondent chacun à un intervalle de  $\log(h_S)$  constant. Par exemple :

$$S(\text{ISO}) = 80 \Rightarrow \log h_S \in [-2,05 ; -1,96]$$

$$S(\text{ISO}) = 64 \Rightarrow \log h_S \in [-1,95 ; -1,86]$$

$$S(\text{ISO}) = 50 \Rightarrow \log h_S \in [-1,85 ; -1,76]$$

.....

L'Allemagne utilise encore la sensibilité DIN (Deutsche Industrie Norm). Elle est basée sur les mêmes critères que la sensibilité ISO. La relation entre ces deux sensibilités est :

$$S(\text{DIN}) = 1 + 10 \log [S(\text{ISO})].$$

On remarque que si la sensibilité ISO double, la sensibilité DIN augmente de  $10 \log 2 \simeq 3$ .

Plus la sensibilité intrinsèque est grande et moins l'émulsion exige de lumière. Si l'on fait varier le  $\gamma$  d'une émulsion, la sensi-

bilité varie. Il est alors toujours possible de calculer cette sensibilité à partir de la seule relation :

$$S = \frac{0,8}{h_s}$$

Ce calcul ne tient pas compte du point D et par conséquent cette sensibilité est une sensibilité d'utilisation mais ce n'est plus la sensibilité ISO de l'émulsion.

## VII. CONCLUSION.

Le but de la densitométrie, c'est d'obtenir une bonne image définitive, quelles que soient les conditions de la prise de vue initiale. Entre cette image définitive et le sujet, le négatif joue un rôle intermédiaire fondamental. En effet, le papier doit être choisi en fonction de ses caractéristiques (mat, brillant, aspect du noir,...). Il n'est donc pas souhaitable d'agir sur le développement du papier. Une image n'aura pas la même force expressive avec n'importe quel papier. Il faut donc choisir le papier en fonction de l'image que l'on souhaite obtenir. Par contre, le négatif est un intermédiaire très souple. Trop souvent le rôle du négatif est sous-estimé. C'est pourtant lui qui permet d'ajuster le contraste du sujet au contraste du papier. Il donne au photographe la possibilité de faire ressortir tel détail dans l'ombre, ou au contraire de le faire disparaître. La règle générale est : « Exposer les ombres, développer les hautes lumières ». Il est possible d'agir, soit sur la sensibilité, soit sur le  $\gamma$ . En général, le seuil de l'émulsion se trouve sur le pied de la courbe caractéristique. Les ombres du sujet sont donc mal rendues. Aussi, on a souvent intérêt, lors de la prise de vue, d'utiliser une sensibilité plus faible que la sensibilité intrinsèque (par exemple de passer de 400 ISO à 200). La modification du  $\gamma$  s'obtient en faisant varier la durée de développement dans le révélateur. Des règles générales approximatives peuvent être données. Si le sujet est trop faiblement contrasté, on augmente la durée de développement, de telle sorte que l'on ait :  $\gamma \simeq 0,7$ . Si le sujet a un contraste normal, le  $\gamma$  doit être de l'ordre de 0,6. Si le sujet est trop fortement contrasté, il est souhaitable d'avoir un  $\gamma$  de l'ordre de 0,5. Ce dernier cas se produit lors de prises de vue intérieures comportant de forts éclairages. Mais ces règles ne sont pas strictes : elles dépendent de l'émulsion, du sujet, de l'image que l'on souhaite avoir,... Avec la densitométrie, le photographe a, à sa disposition, un outil extrêmement intéressant pour obtenir l'image qu'il veut. Cela peut être une image fidèle au sujet, ou, au contraire, une image où il fait appel à son imagination et à ses facultés créatrices.

BIBLIOGRAPHIE

---

- AGFA-GEVAERT. — *Sensitométrie* (1974) ; *ABC de la Photochimie* (1975).
  - G. BETTON. — *Développement et tirage Noir et Blanc*, Presses Universitaires de France (1980).
  - R. BOUILLOT. — *La photographie moderne*, Publications Photo-Cinéma Paul-Montel (1978).
  - T.-H. JAMES. — *The Theory of the Photographic Process*, Macmillan Publishing Co., Inc., New-York, U.S.A. (1977).
-